ON4CRD

Tom 07

Rezystory



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Informacje prawne

Tom 07 · Rezystory

Wydawca strony internetowej : Radio Club Durnal ON4CRD

Menedżer publikacji : Komitet Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Informacje prawne

Własność intelektualna

Teksty, obrazy, dokumenty, logo i materiały opublikowane na stronie pozostają własnością ich autorów lub klubu. Jakakolwiek reprodukcja lub ponowne wykorzystanie musi szanować źródło, obowiązujące prawa i wszelkie zgody autora.

Odpowiedzialność

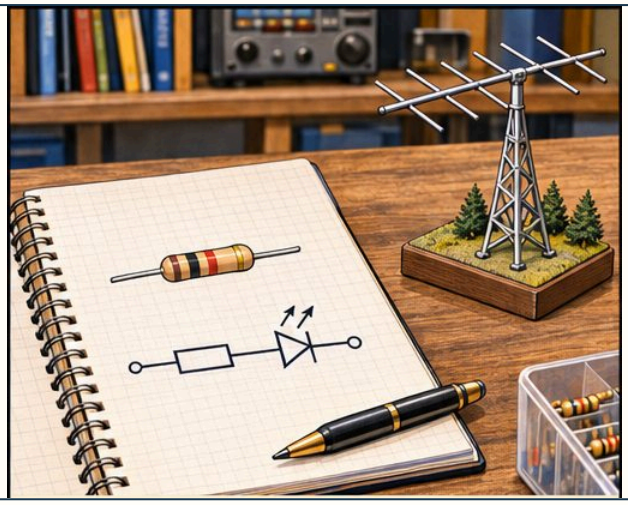
Klub stara się publikować przydatne i sprawdzone informacje, ale nie gwarantuje braku błędów, przeoczeń i przerw. Informacje techniczne lub regulacyjne należy porównać z oficjalnymi źródłami, jeśli potwierdzają one decyzję.

Ilustracje stworzone przy wsparciu sztucznej inteligencji.

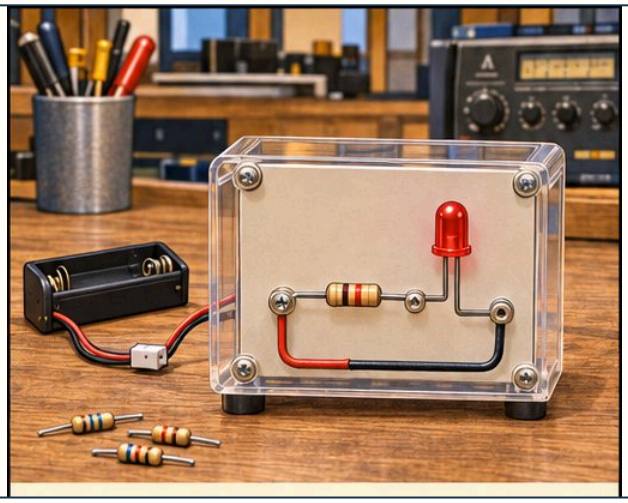
Lampka na stoisku



Lucas spotyka Henriego, by przygotować stoisko klubu.



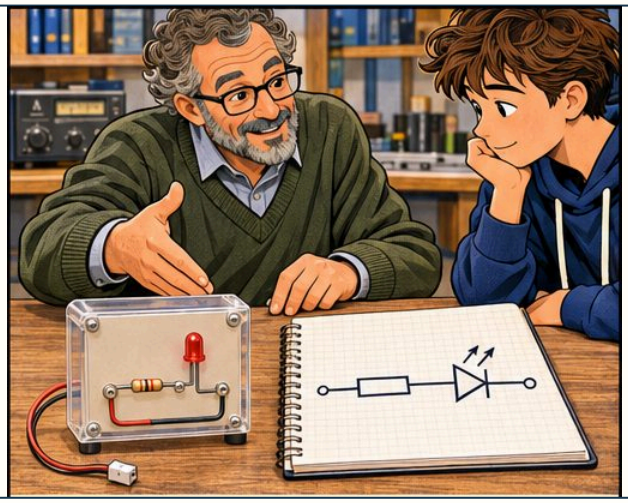
Po antenach w ich zeszycie pojawia się znacznie mniejszy element.



Lampka małego panelu pokazowego przestała świecić.



„Wymieniamy LED?" proponuje Lucas, otwierając pudełko części.

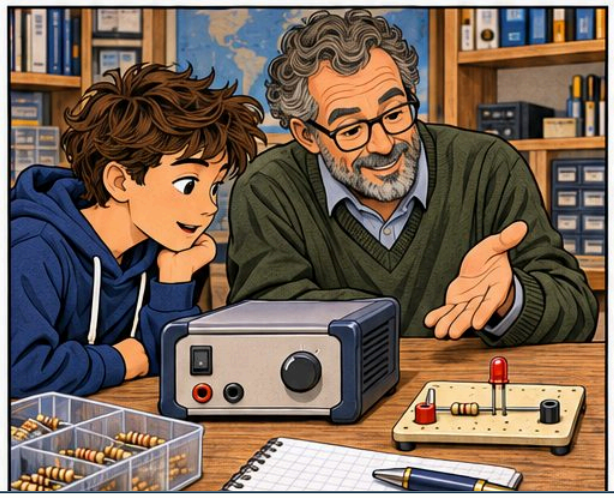


Henri woli zrozumieć układ przed wymianą czegokolwiek.



Ich zadanie: przywrócić niezawodną lampkę i wyjaśnić każdy wybór.

Odłączyć przed szukaniem



Panel korzysta z zasilacza dydaktycznego 5 V z ograniczeniem prądu.



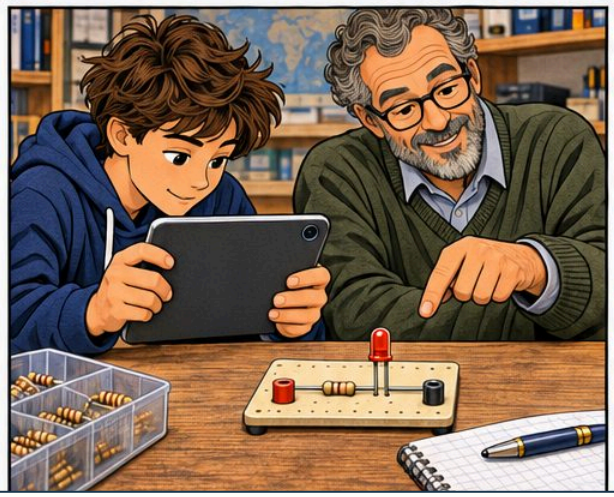
Henri wyłącza i odłącza zasilanie przed każdą pracą.



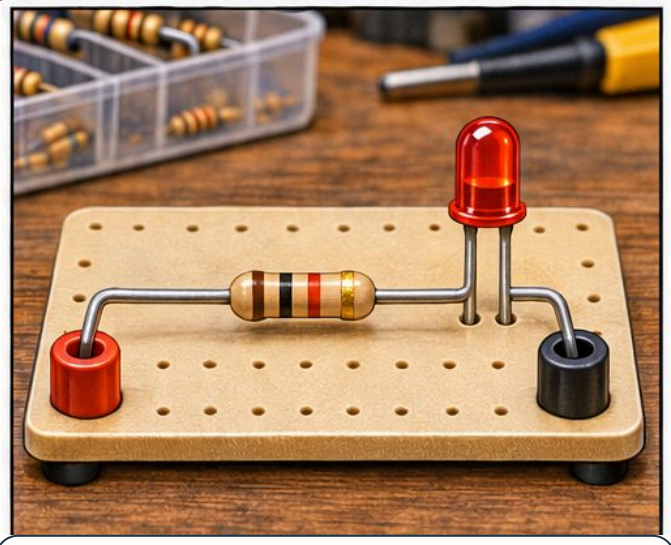
Czekają na przewidziane rozładowanie i sprawdzają brak napięcia.



Na tych zajęciach nie otwierają urządzeń podłączonych do sieci.



Lucas fotografuje połączenia i śledzi schemat panelu.



Na drodze prądu LED zauważa mały rezystor.

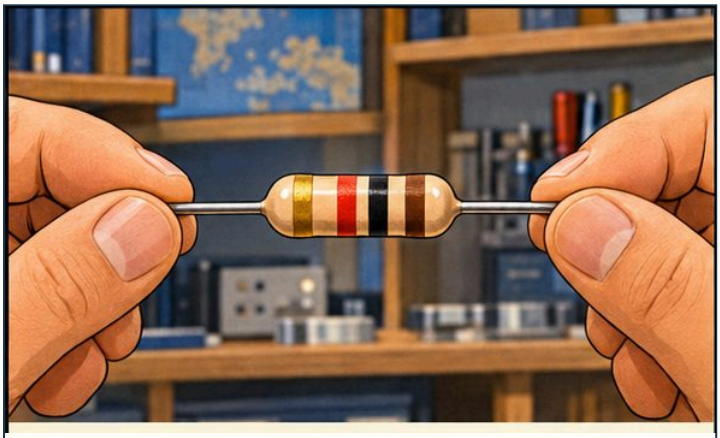
Jedna nazwa, dwa znaczenia



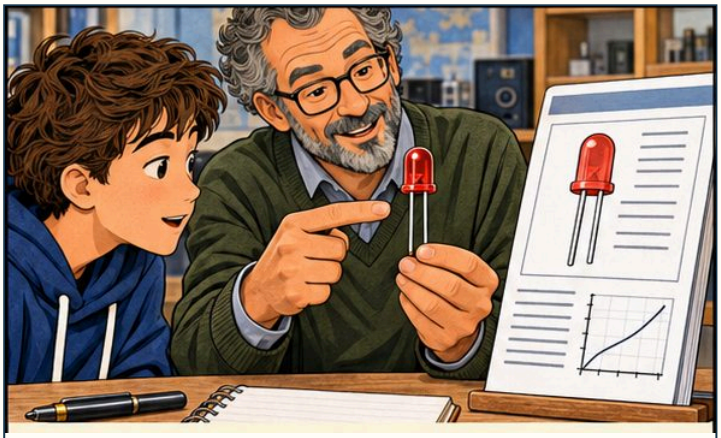
Rezystor to element, a rezystancja jest wielkością elektryczną R.



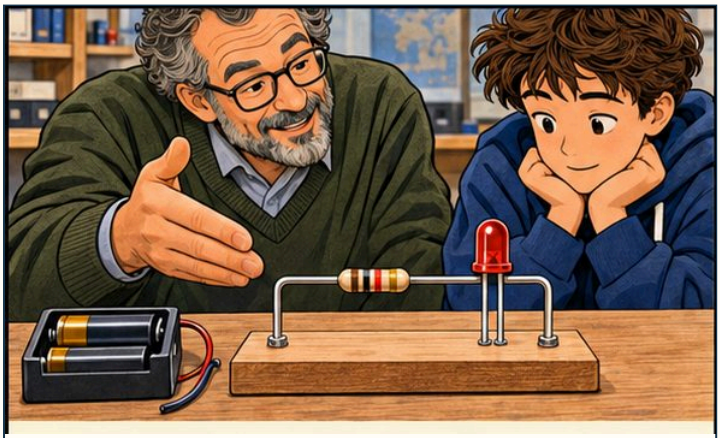
Wyraża się ją w omach, oznaczanych symbolem Ω.



Zwykły rezystor nie ma narzuconej polaryzacji.



LED ma natomiast polaryzację, której trzeba przestrzegać.



Rezystor szeregowy pomaga ograniczyć prąd płynący przez LED.

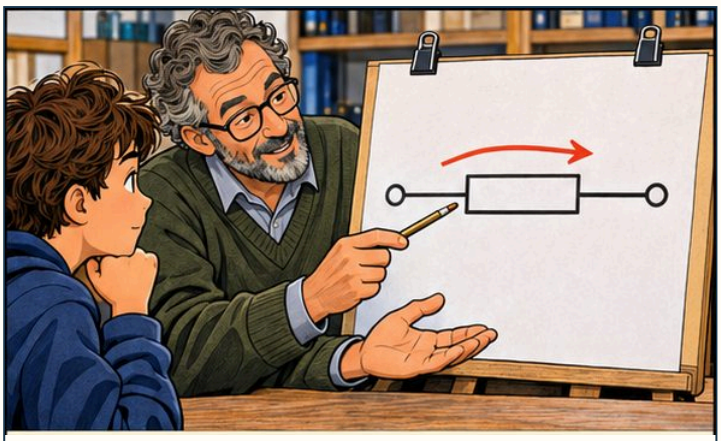


Lucas rozróżnia zadania części przed szukaniem usterki.

Powrót do prawa Ohma



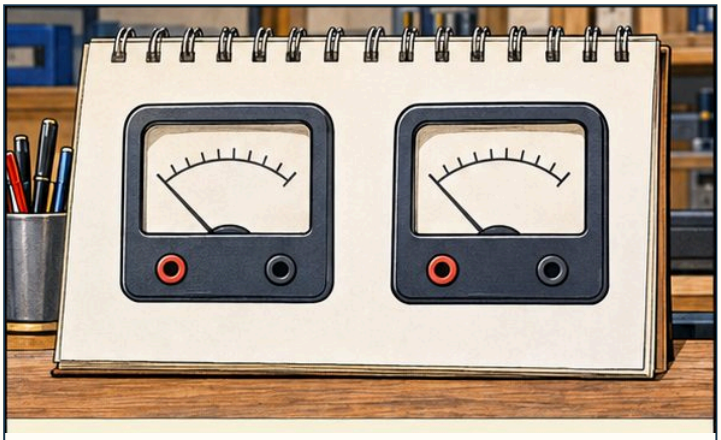
Dla rezystora omowego w danej temperaturze U = R × I.



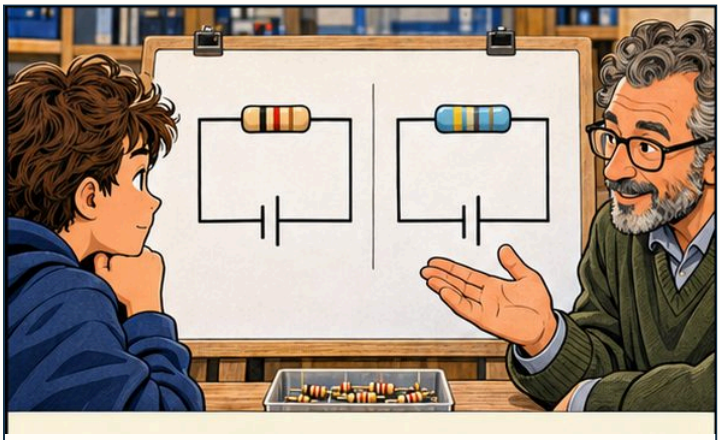
U to napięcie na nim, a I to płynący przez niego prąd.



Można też zapisać I = U / R oraz R = U / I.



W tych obliczeniach U podaje się w woltach, I w amperach.



Przy tym samym napięciu zwiększenie R zmniejsza prąd.

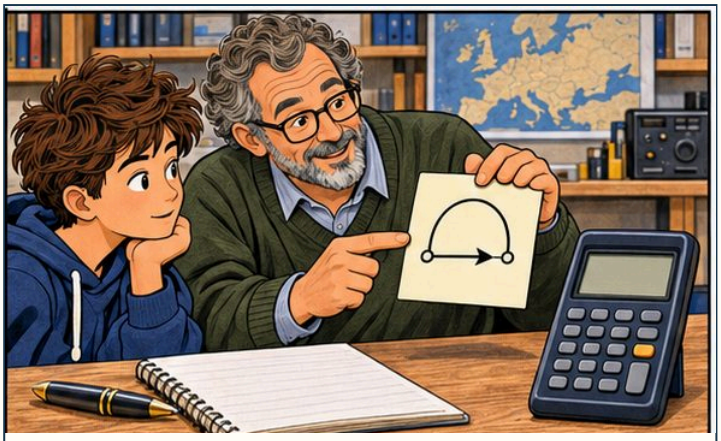


„LED nie jest rezystorem omowym", przypomina Henri.

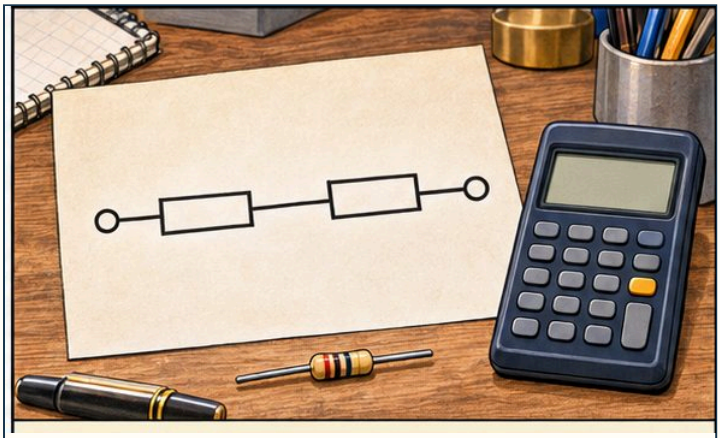
Jednostki przed liczbami



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



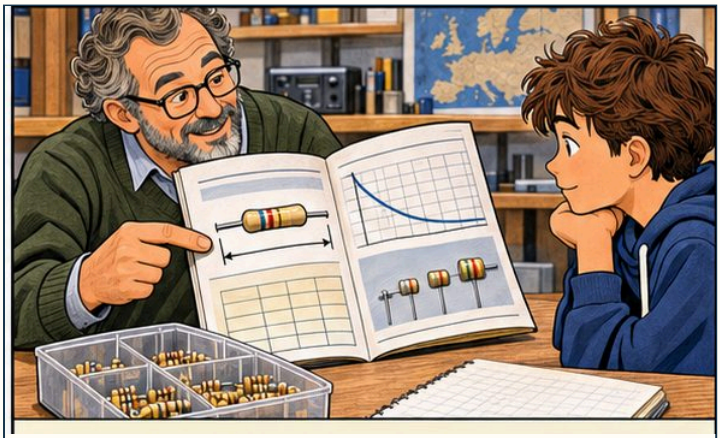
1 mA = 0,001 A: Lucas przelicza jednostki przed użyciem wzoru.



Przy 5 V na 1 kΩ obliczenia dają 5 mA.



Na niektórych częściach 4K7 oznacza 4,7 kΩ, a 2R2 oznacza 2,2 Ω.



Oznaczenie zależy od elementu; rozstrzyga jego dokumentacja.



Lucas zakreśla jednostki: pominięcie przedrostka może zmienić cały wybór.

Odczytać przed pomiarem



Rezystor panelu ma kolorowe paski.



Henri przynosi kartę producenta i lupę.



Najpierw ustalają liczbę pasków i odstępy między nimi.



Pasek tolerancji jest często oddzielony od pozostałych.



Gdy kierunek jest niejasny, sprawdzają typ i zmierzoną wartość.



Źle oświetlony kolor nie wystarcza do wyboru zamiennika.

Cztery paski, cztery role



W typowym kodzie czteropaskowym pierwsze dwa paski oznaczają cyfry.



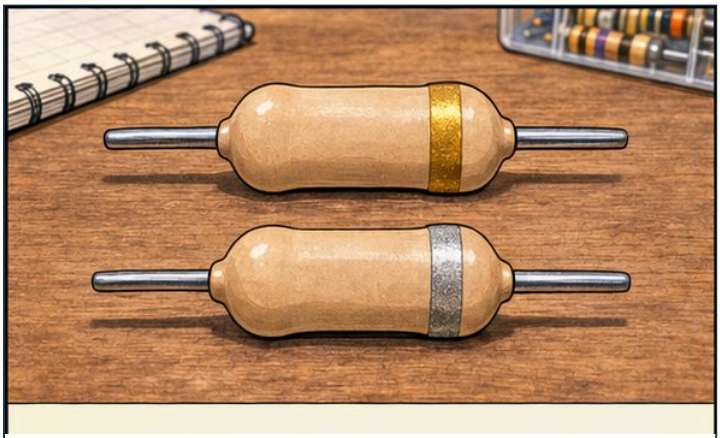
Trzeci pasek to mnożnik.



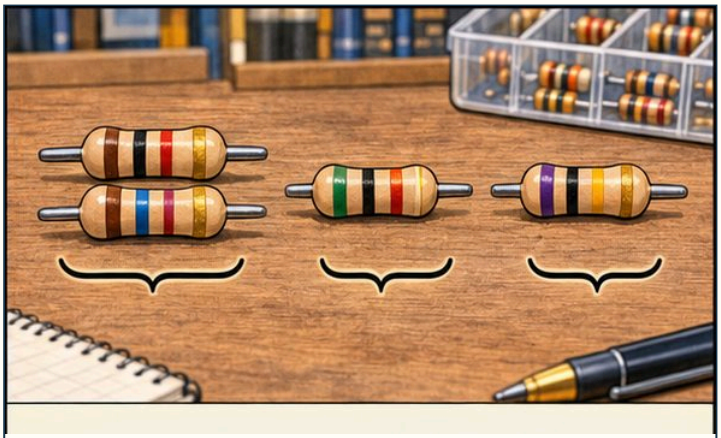
Czwarty podaje tolerancję wartości nominalnej.



Czytają od końca przeciwnego do paska tolerancji.



Złoty oznacza tu ±5%, srebrny ±10%.



„Dwie cyfry, mnożnik i margines”, podsumowuje Lucas.

Paleta cyfr



Czarny oznacza 0; brązowy 1; czerwony 2; pomarańczowy 3; żółty 4.



Zielony oznacza 5; niebieski 6; fioletowy 7; szary 8; biały 9.



Pozycja koloru określa jego rolę w kodzie.



Jako mnożnik czerwony oznacza ×100, a pomarańczowy ×1 000.



Złoty i srebrny mogą też mnożyć przez 0,1 i 0,01.



Lucas trzyma kartę pod ręką: lepiej rozumieć niż zgadywać.

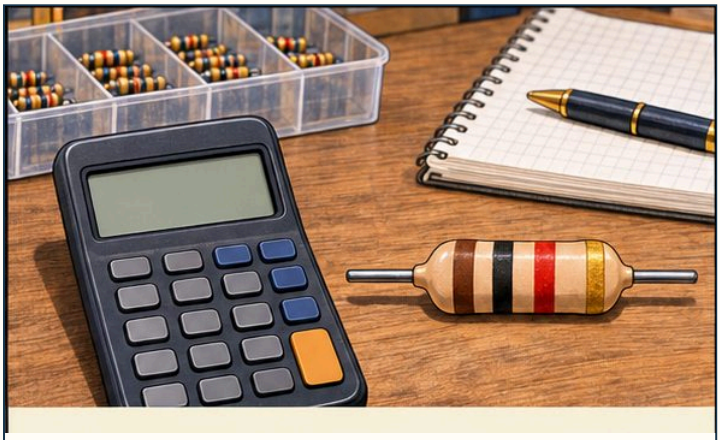
Pierwszy odczyt



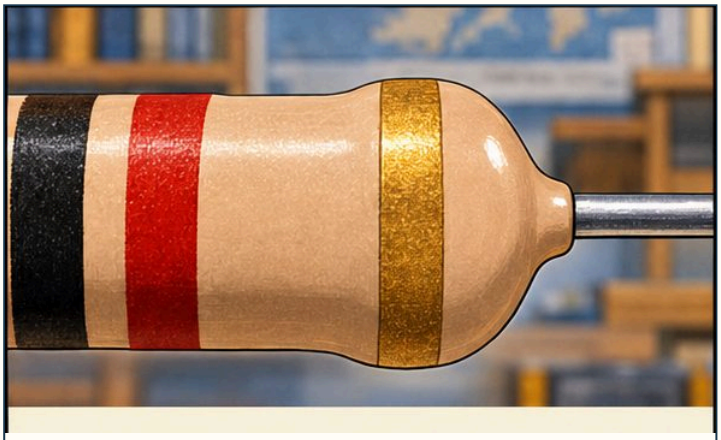
Przykład: brązowy, czarny, czerwony, złoty.



Brązowy i czarny dają 10; czerwony mnoży przez 100.



10 × 100 = 1 000 Ω, czyli 1 kΩ.



Złoty pasek dodaje tolerancję ±5%.



Wartość nominalna nie jest obietnicą dokładnej wartości.

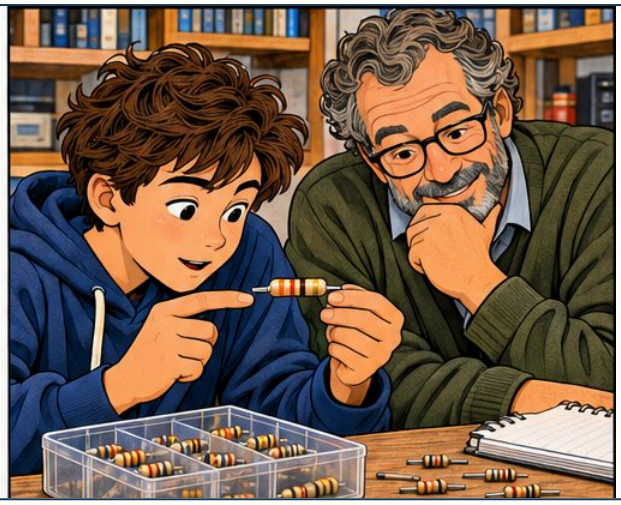


Lucas zapisuje osobno wartość i jej tolerancję.

Element lampki



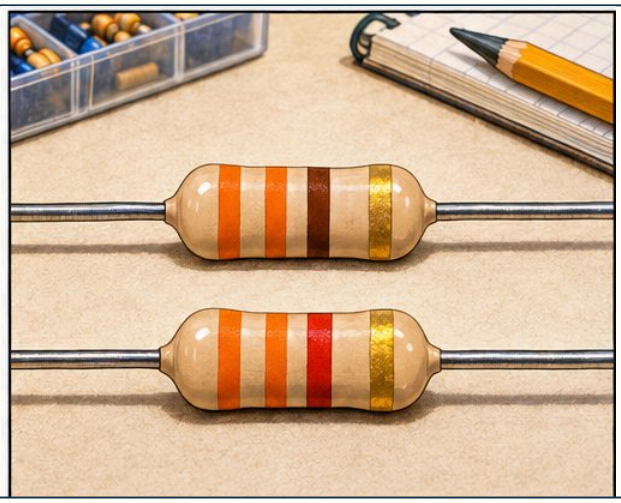
Dokumentacja panelu przewiduje pomarańczowy, pomarańczowy, brązowy, złoty.



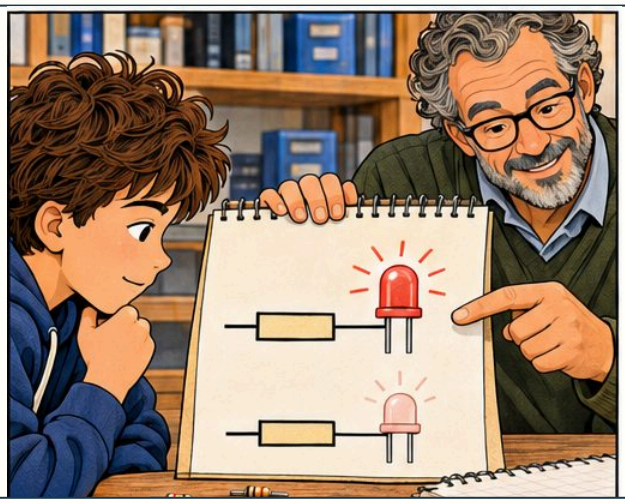
Pierwsze dwa paski dają 33; brązowy oznacza ×10.



Wynik to 330 Ω z tolerancją ±5%.



Czerwony trzeci pasek dałby 3 300 Ω, czyli 3,3 kΩ.



Taka pomyłka znacznie zmniejszyłaby prąd lampki.



Henri zachowuje oba przykłady na zajęcia dla gości.

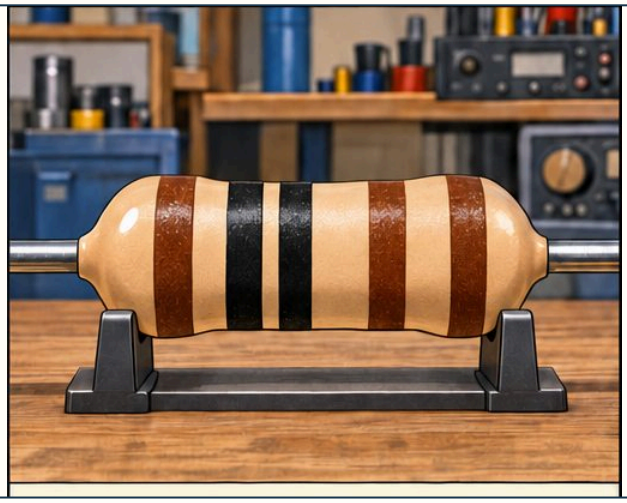
Jeszcze jeden pasek



Typowy kod pięciopaskowy zaczyna się od trzech cyfr znaczących.



Czwarty pasek mnoży; piąty podaje tolerancję.



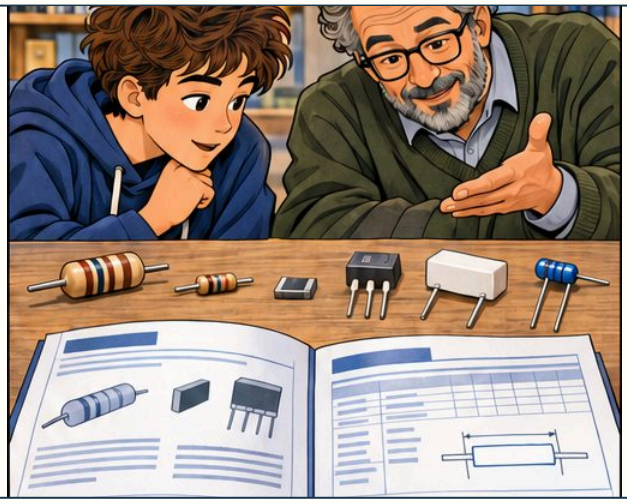
Brązowy, czarny, czarny, brązowy, brązowy daje 100 × 10 = 1 000 Ω.



Ostatni brązowy pasek oznacza tu ±1%.

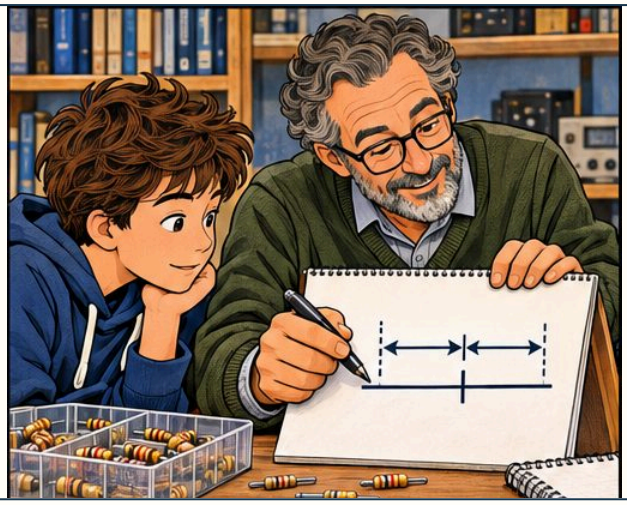


Nie czytają więc pięciu pasków tak jak czterech.



Istnieją inne oznaczenia: Henri zaleca właściwą dokumentację.

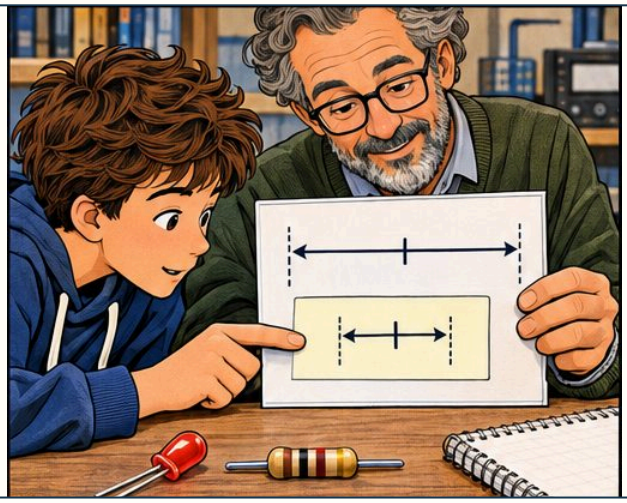
Zrozumieć tolerancję



Dla 1 kΩ przy ±5% maksymalne nominalne odchylenie wynosi 50 Ω.



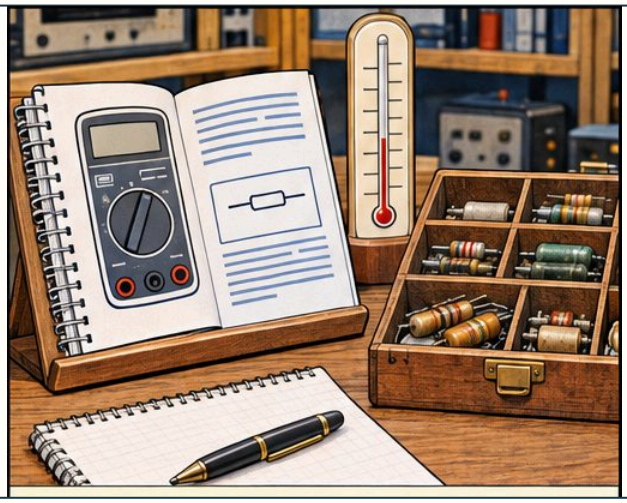
Odpowiadający przedział to od 950 Ω do 1 050 Ω.



Dla 330 Ω przy ±5% wynosi od 313,5 Ω do 346,5 Ω.



Granice obowiązują w warunkach odniesienia producenta.



Liczą się też temperatura, starzenie i niepewność pomiaru.



Lucas rozumie, czemu dwa dobre elementy dają różne odczyty.

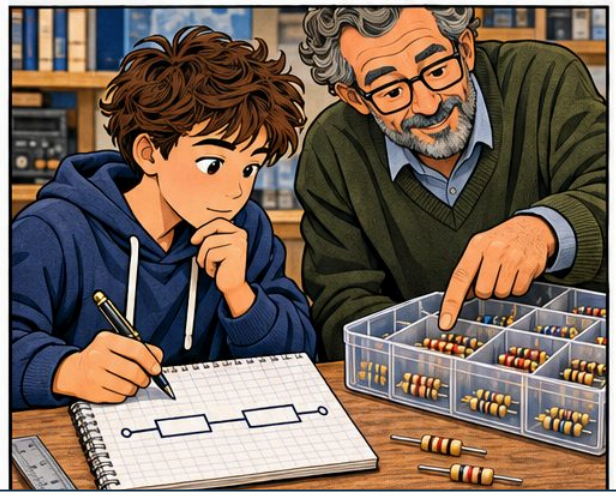
Wybrać dostępną wartość



Producenci oferują szeregi wartości znormalizowanych.



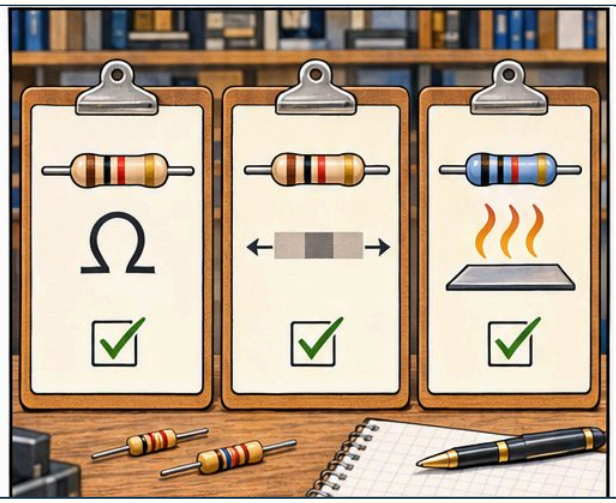
W szeregu E12 są między innymi 270 Ω, 330 Ω i 390 Ω.



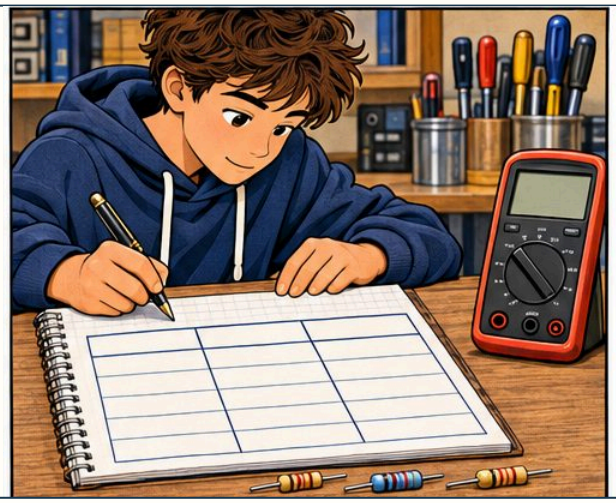
Wynik obliczeń nie zawsze odpowiada części w szufladzie.



Wybierają według potrzebnego działania, a potem przeliczają.



Wartość, tolerancja i moc to trzy różne kryteria.

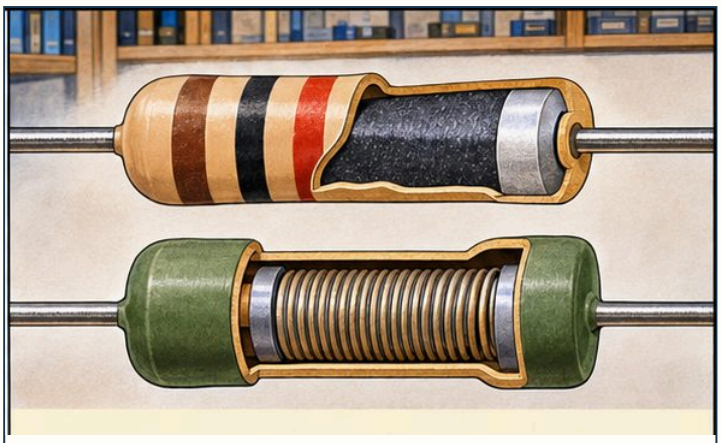


Lucas zostawia miejsce na każde w wykazie części.

Pod wspólną nazwą



Rezystory o tej samej wartości mogą mieć różną budowę.



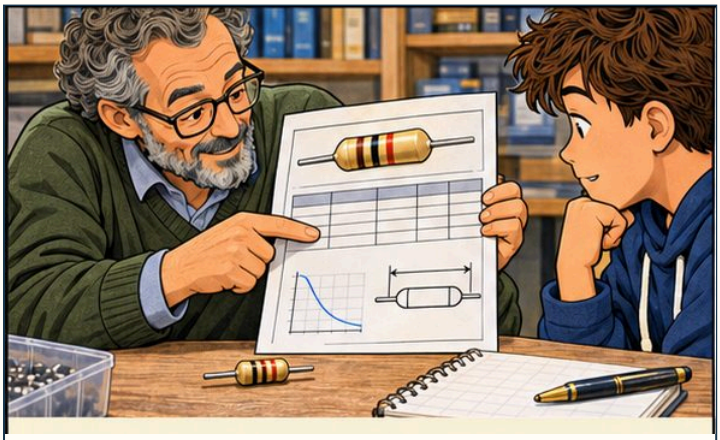
Henri pokazuje modele warstwowe i rezystor drutowy.



Małe rezystory SMD montuje się bezpośrednio na płytce drukowanej.



Sam rozmiar nie ujawnia tolerancji ani wszystkich ograniczeń.

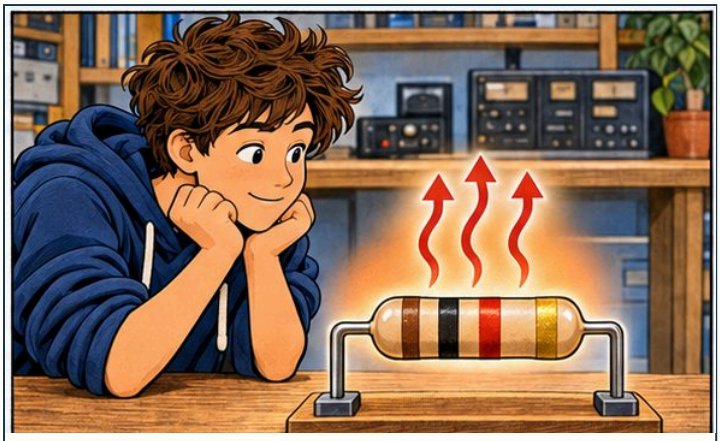


Dokumentacja podaje moc, maksymalne napięcie i warunki pracy.

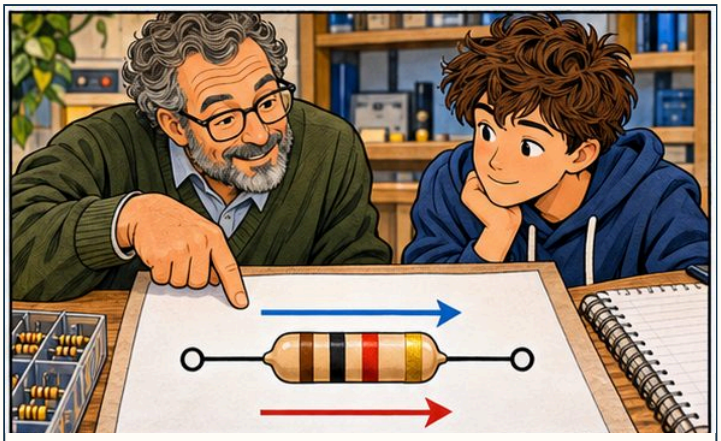


Do lampki wybierają rozpoznany element z dokumentacją.

Dokąd trafia energia?



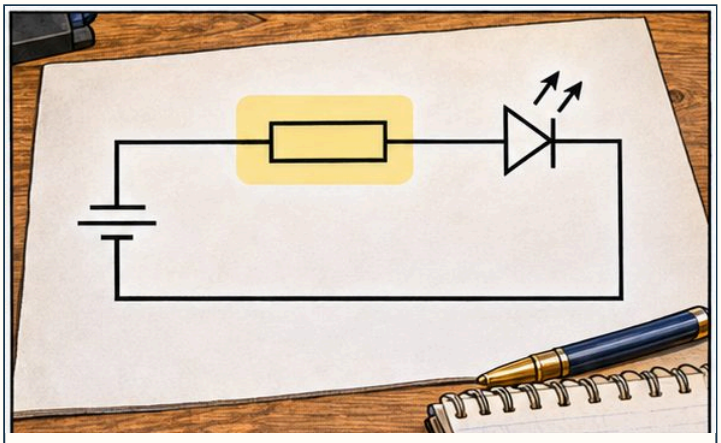
Rezystor rozprasza energię elektryczną w postaci ciepła.



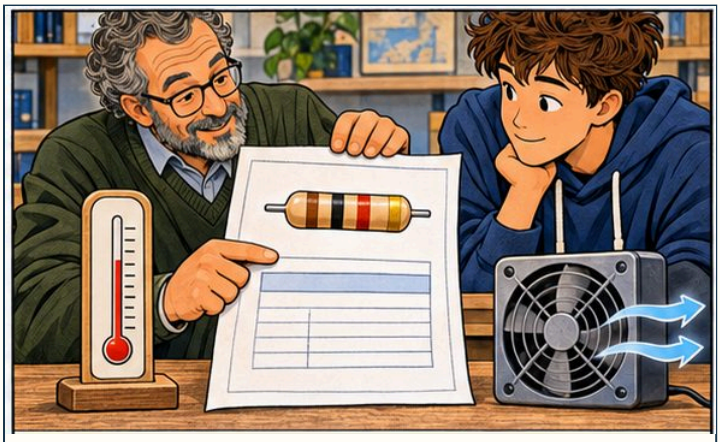
Jego moc tracona to $P = U \times I$.



Z prawa Ohma: $P = R \times I^2 = U^2 / R$.



U oraz I dotyczą badanego rezystora.



Moc znamionowa jest granicą określoną dla danych warunków.



„Więcej watów nie znaczy więcej omów", stwierdza Lucas.

Przykład wydzielania ciepła



Liczą na papierze: 12 V na 1 kΩ daje 12 mA.



Moc wynosi 12^2 / 1 000 = 0,144 W.



Element 0,25 W może wystarczyć, jeśli pozwalają na to warunki pracy.



Zostawiają zapas i sprawdzają też temperaturę otoczenia.

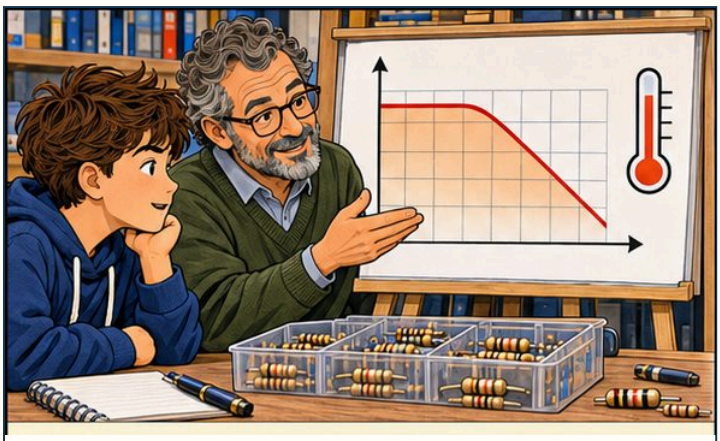


Zamknięta obudowa lub pobliskie źródło ciepła może zmienić wybór.



Do zrozumienia obliczeń nie potrzeba próby nagrzewania.

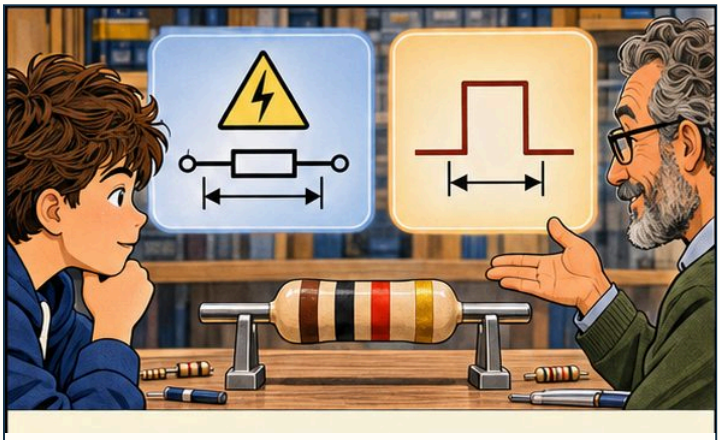
Granica nie jest celem



Krzywa obniżania dopuszczalnej mocy może ograniczać ją w wysokiej temperaturze.



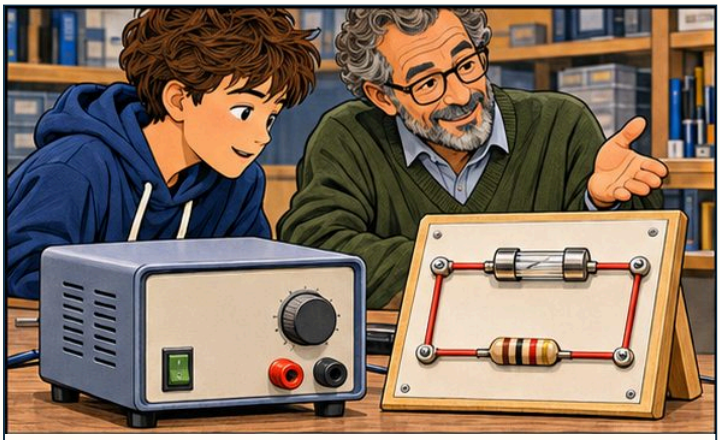
Henri pokazuje tę krzywą w dokumentacji wybranego modelu.



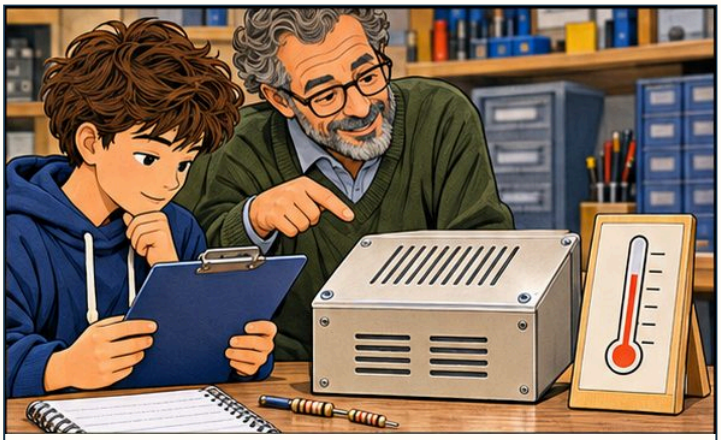
Sprawdzają także napięcie robocze i możliwe impulsy.



Rezystor przeznaczony do rozpraszania nie zastępuje bezpiecznika.

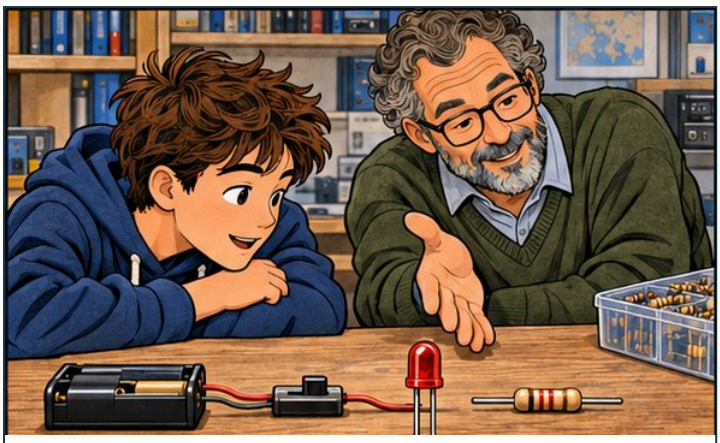


Panel zachowuje zabezpieczenie przewidziane przez projektanta.

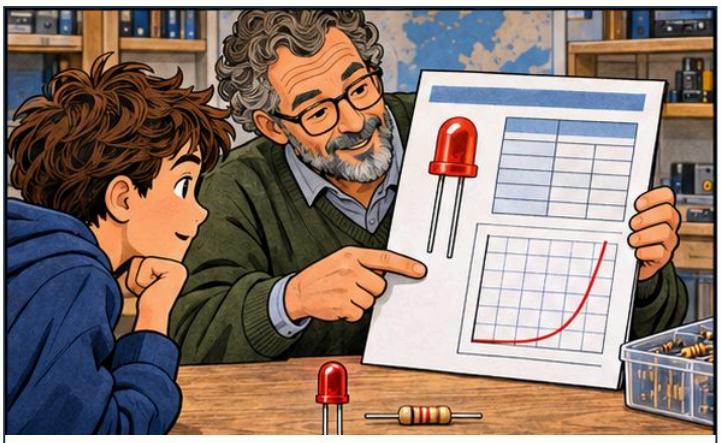


Lucas wybierze z zapasem i sprawdzi rzeczywiste warunki.

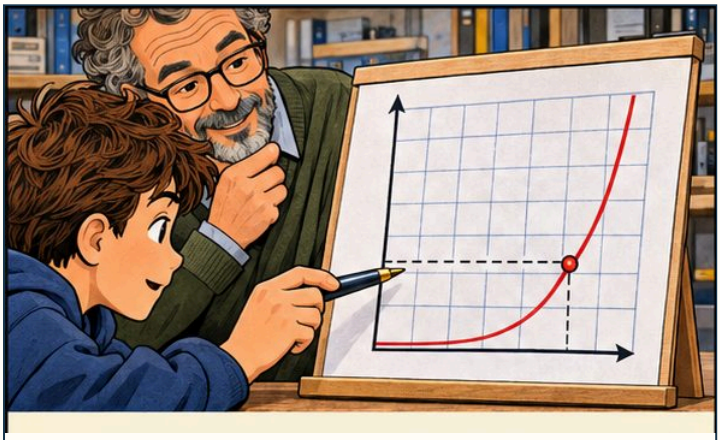
Przygotować obliczenia lampki



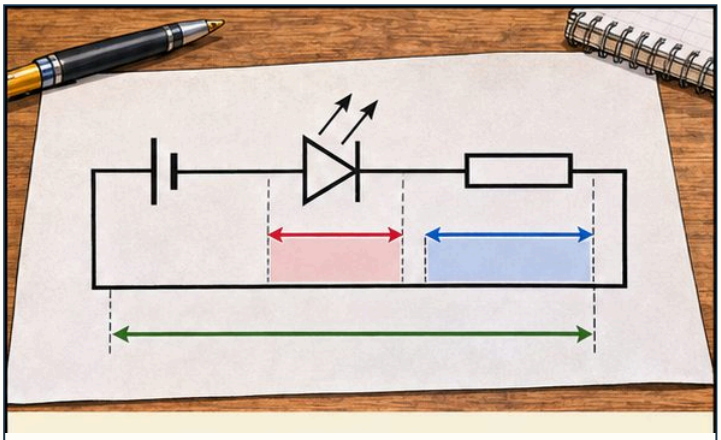
Przykład wykorzystuje zasilanie 5 V i czerwoną LED.



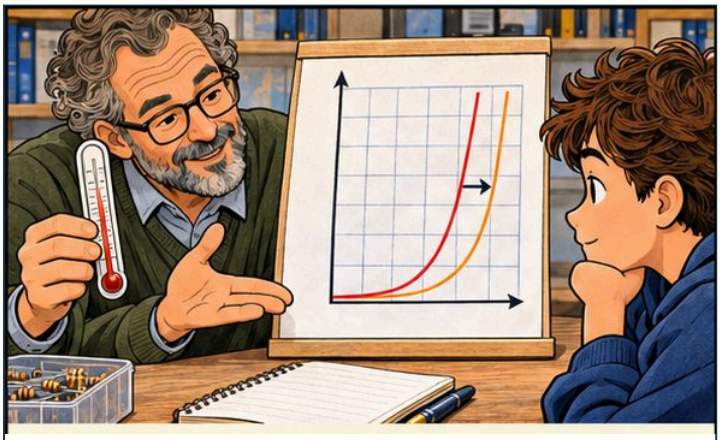
Dokumentacja tej LED pozwala przyjąć około 2 V przy rozważanym prądzie.



Zakładają 10 mA w granicach tego modelu.



Na rezystorze szeregowym jest wtedy około 5 − 2 = 3 V.

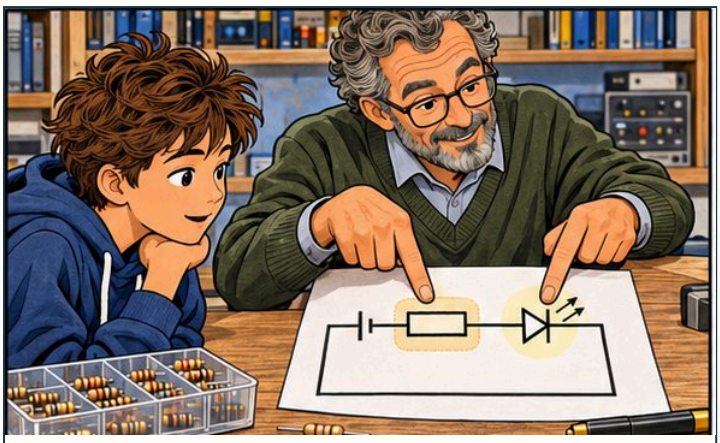


Napięcie przewodzenia LED zależy od prądu i temperatury.

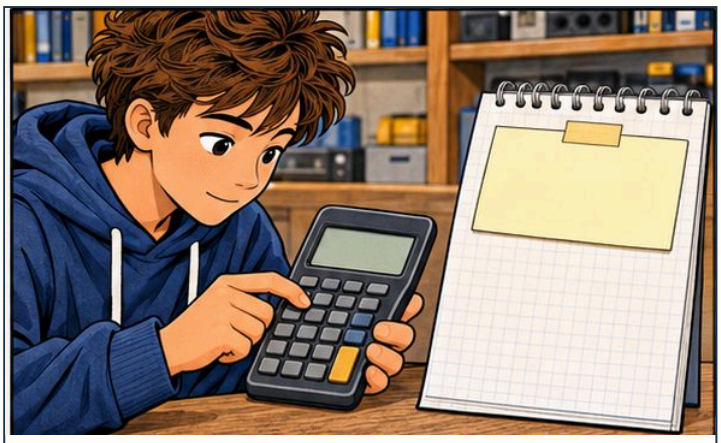


To założenia obliczeniowe, a nie dane dla wszystkich LED.

Wartość teoretyczna



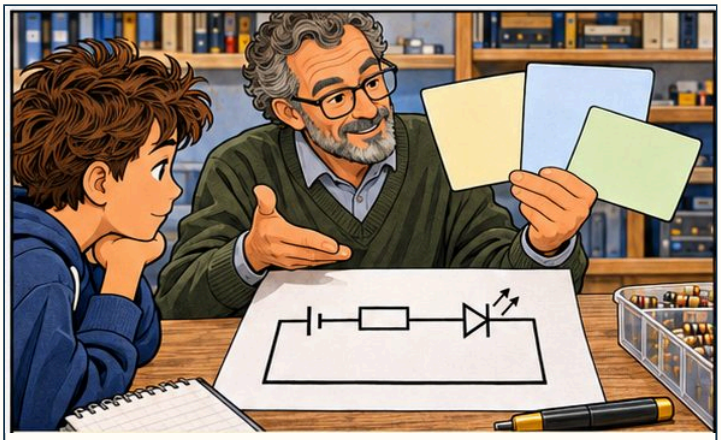
Dla rezystora szeregowego: R = (Uzasilania − ULED) / I.



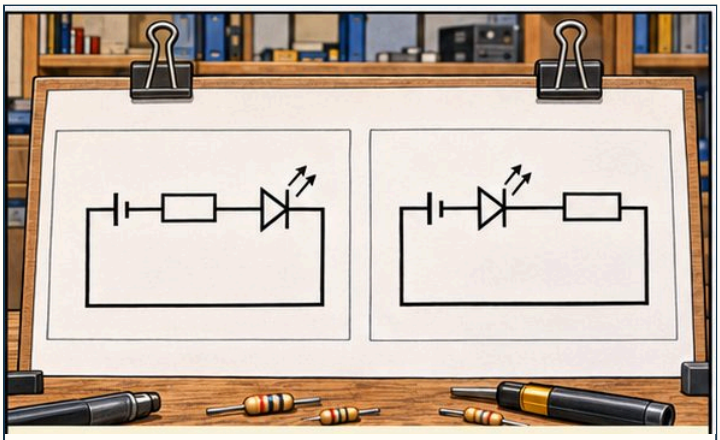
Lucas przelicza: 10 mA = 0,010 A.



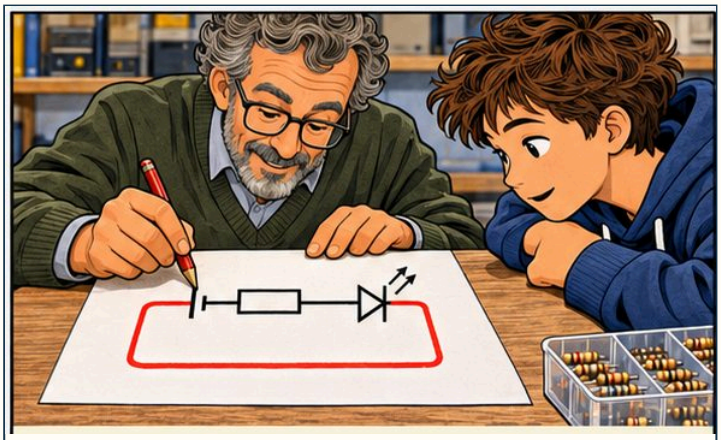
Oblicza R = (5 − 2) / 0,010 = 300 Ω.



Wartość zakłada napięcia z przykładu i docelowy prąd.



Rezystor może być przed LED lub za nią w tej samej pętli szeregowej.

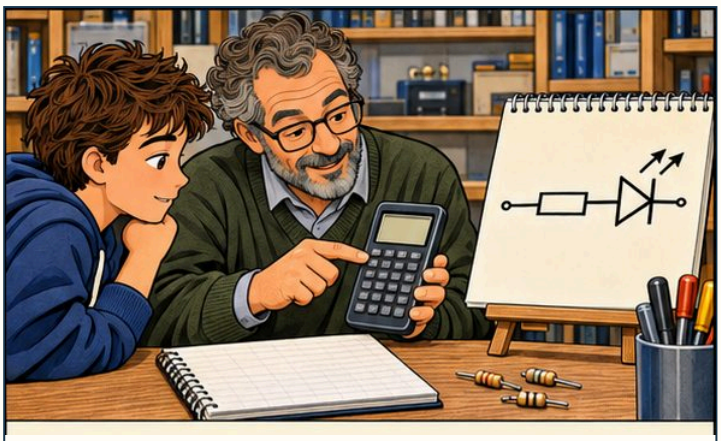


Henri sprawdza schemat, zwłaszcza brak drogi omijającej rezystor.

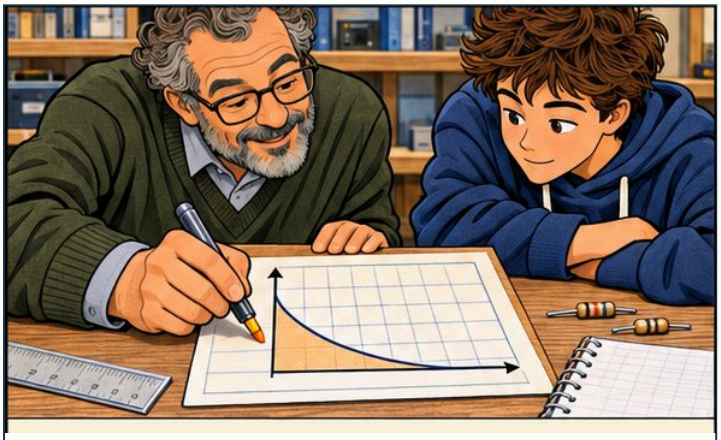
Od obliczeń do szuflady



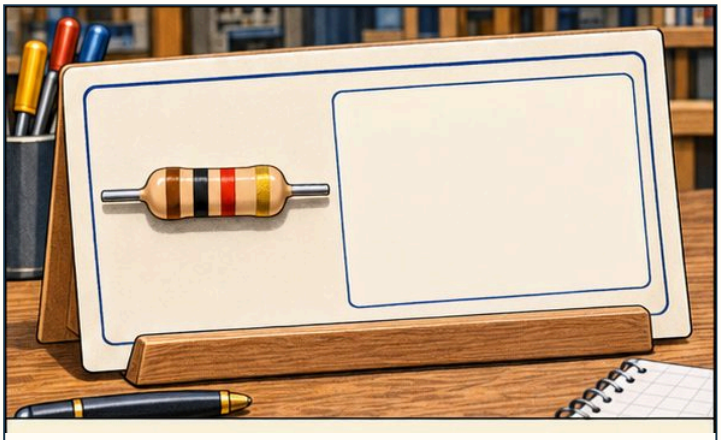
Z zapasu wybierają 330 Ω zamiast 270 Ω.



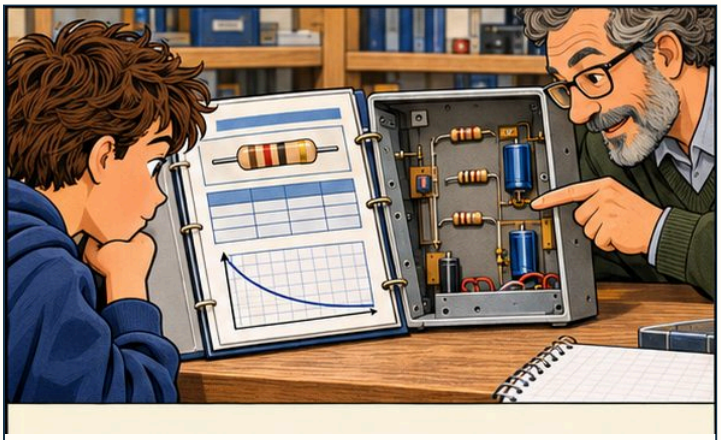
Przy tych samych założeniach I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



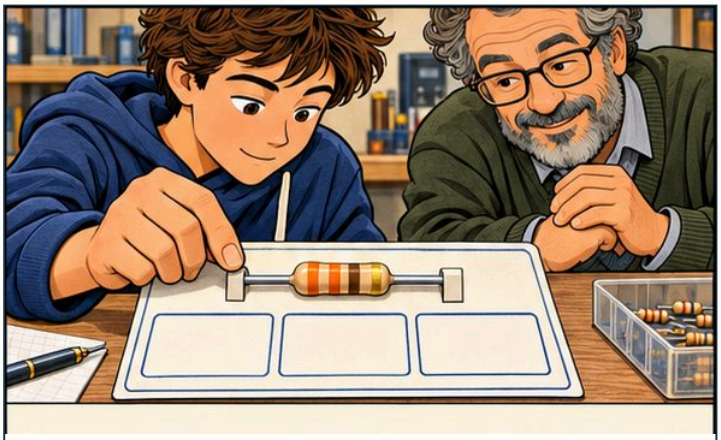
Moc rezystora to około 3^2 / 330 ≈ 0,027 W.



Rozpoznany element 0,25 W daje tu duży zapas cieplny.

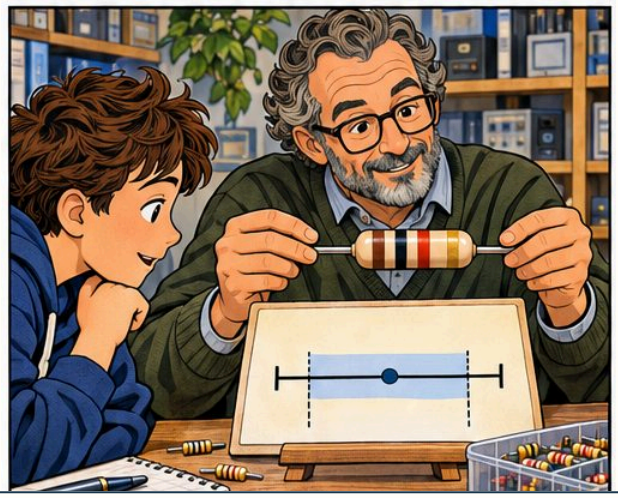


Mimo to sprawdzają dokumentację i warunki w panelu.

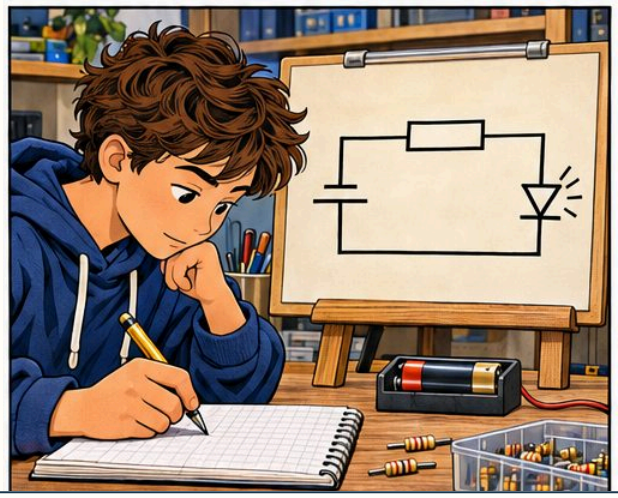


Lucas zapisuje: 330 Ω, ±5%, 0,25 W; wszystkie trzy kryteria są określone.

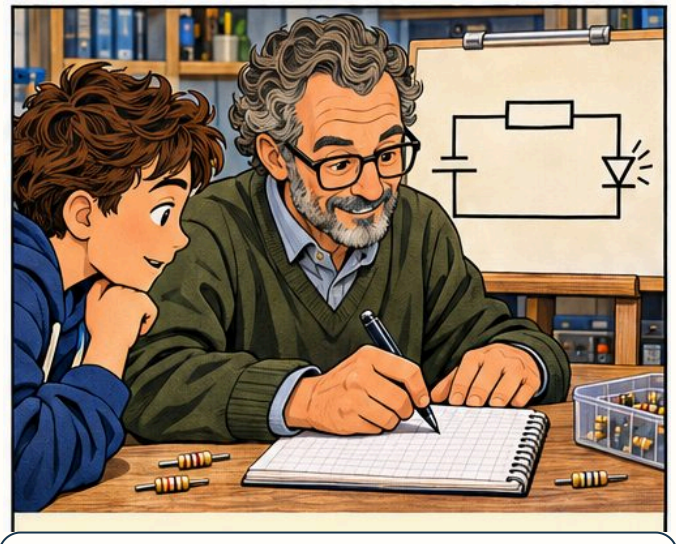
Uwzględnić odchylenia



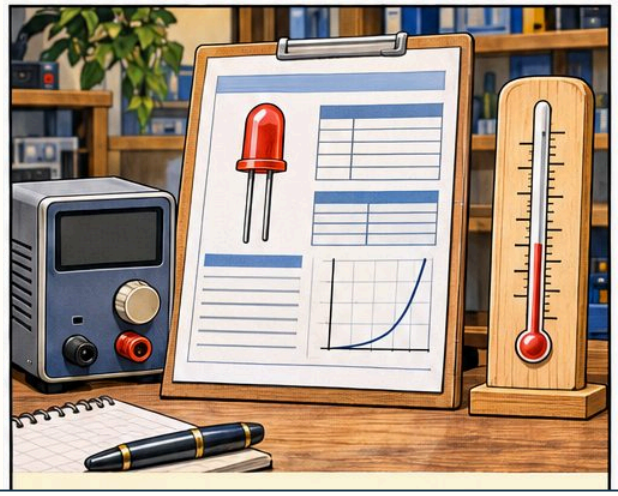
Już sama tolerancja R zmienia obliczony prąd.



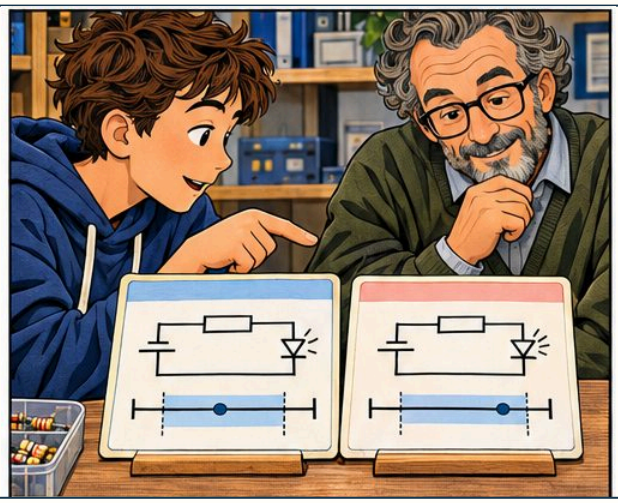
Przy 3 V na rezystorze 313,5 Ω daje około 9,57 mA.



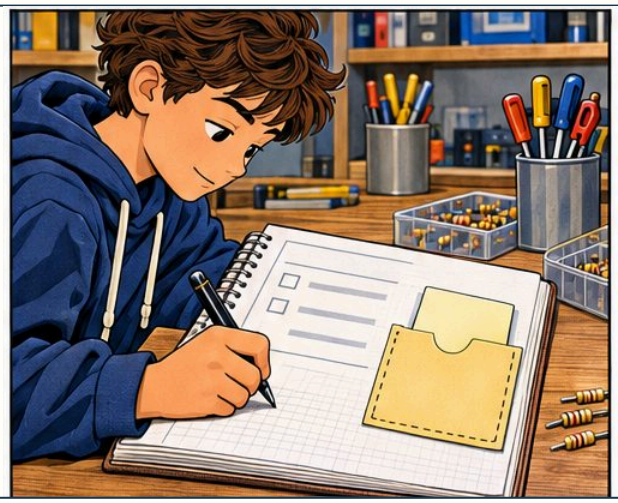
Przy 346,5 Ω otrzymuje się około 8,66 mA.



Zasilanie i napięcie LED także podlegają zmianom.



Dla rzeczywistego układu sprawdza się niekorzystny przypadek z dokumentacją.



„Użyteczne przybliżenie zachowuje swoje założenia”, zapamiętuje Lucas.

Właściwy moment na omomierz



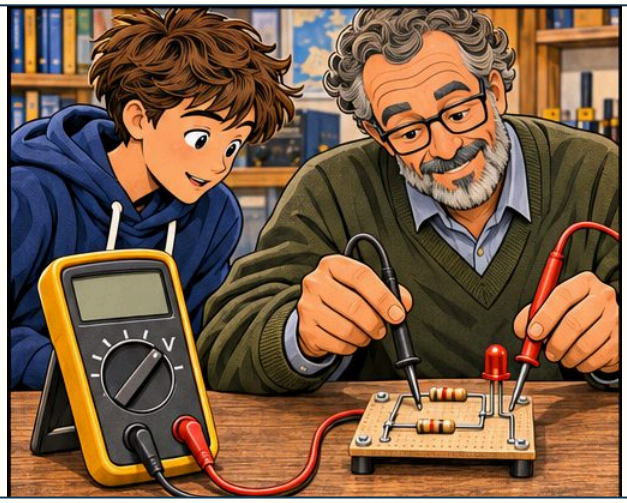
Omomierz podaje mały sygnał, aby wyznaczyć rezystancję.



Nie używa się go w zasilanym obwodzie.



Henri wyłącza, odłącza i stosuje procedurę rozładowania panelu.



Potem odpowiednim ustawieniem sprawdza brak napięcia.



Dopiero po tych kontrolach przechodzą do pomiaru rezystancji.



Lucas dodaje tę kolejność do karty diagnostycznej.

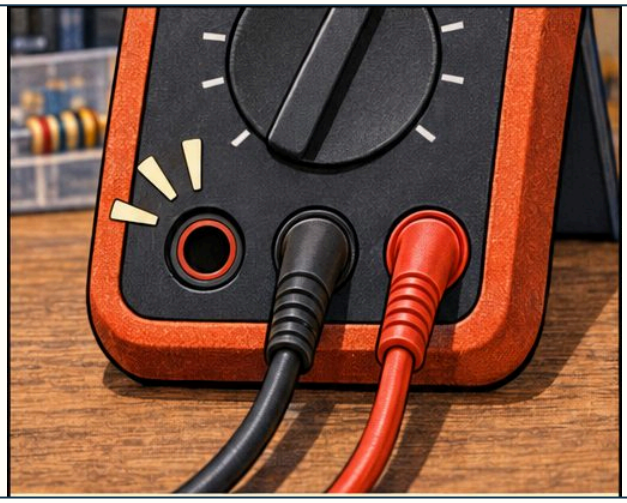
Przygotować sondy



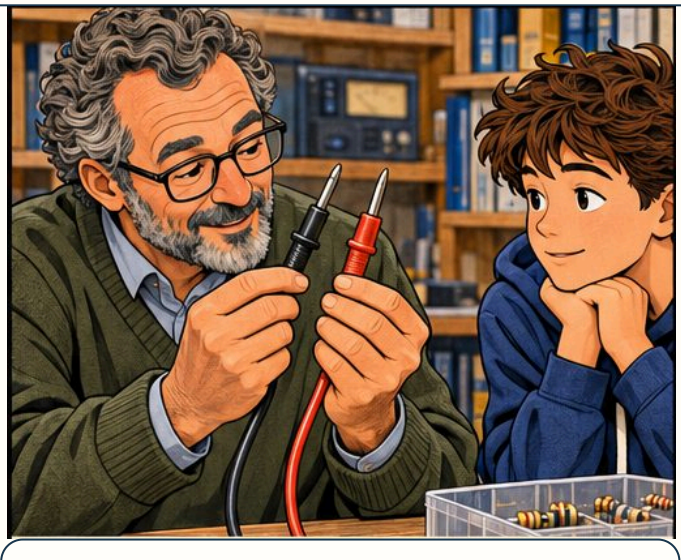
Stosują instrukcję multimetru dotyczącą gniazd i zakresu.



Czarny wtyk trafia do COM; czerwony do wejścia omów.



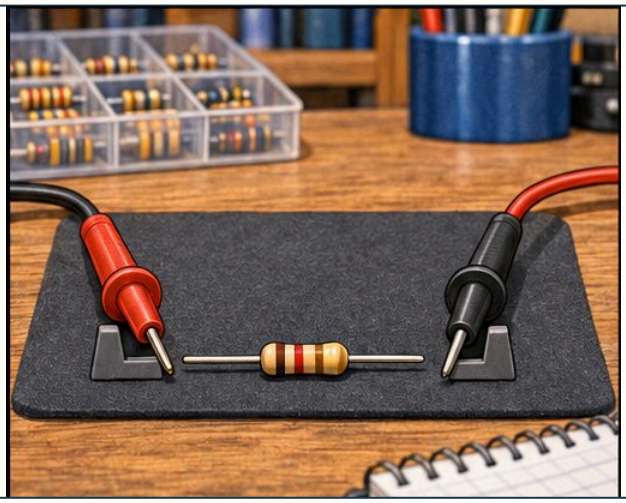
Do tego pomiaru nie używają wejścia prądowego.



Sprawdzają stan przewodów i styk końcówek.

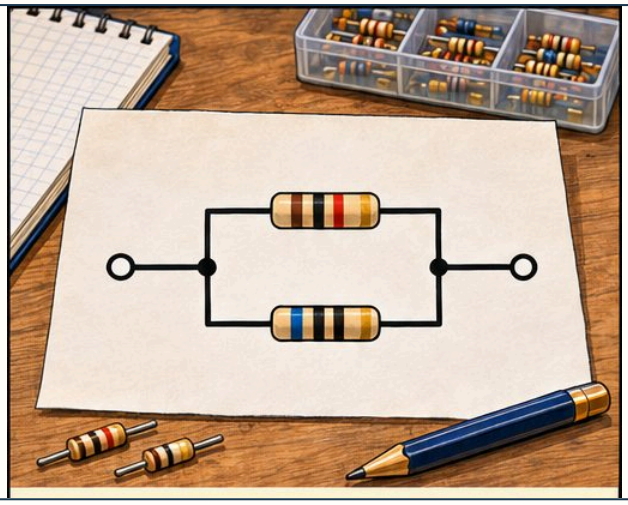


Palce i zły styk mogą zafałszować odczyt, zwłaszcza dużej rezystancji.

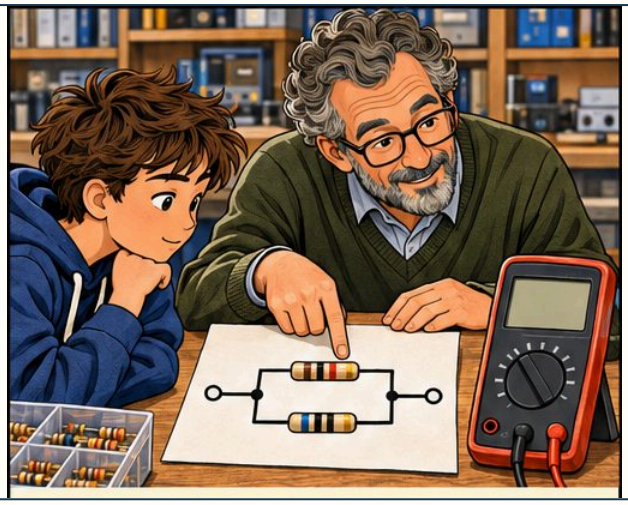


Lucas kładzie element na izolującej powierzchni i odsuwa ręce.

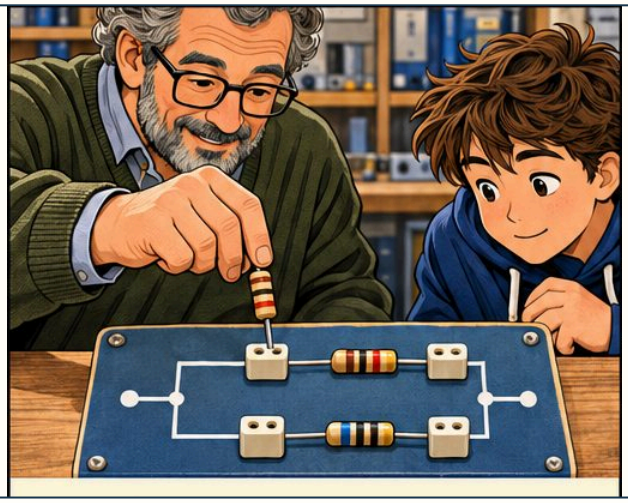
Uniknąć ukrytych dróg



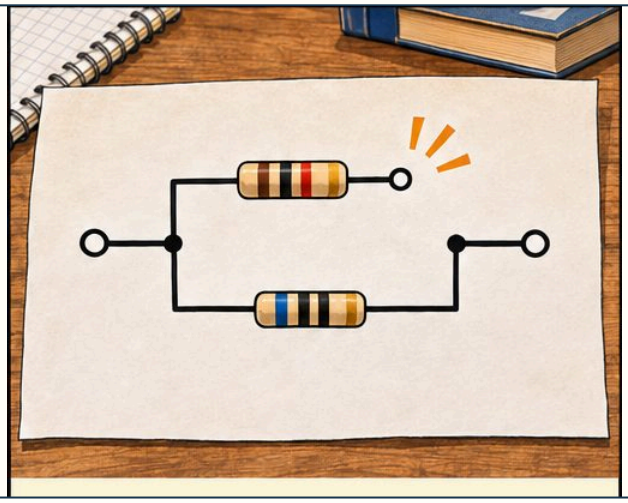
Inne elementy obwodu mogą tworzyć drogi równoległe.



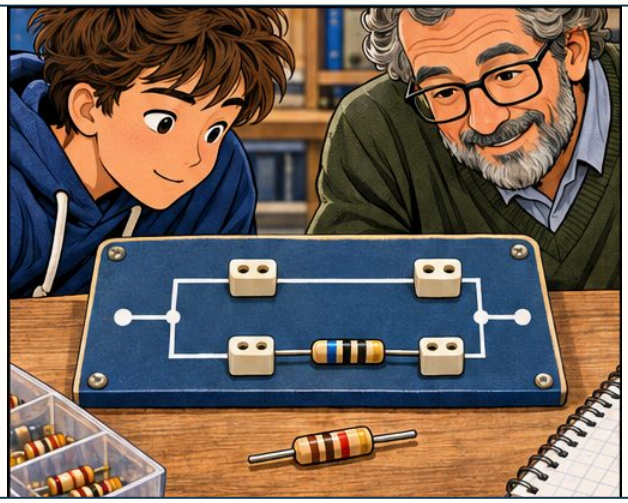
Odczyt nie musi wtedy oznaczać wartości samego rezystora.



Z odłączonego panelu wtykowego wyjmują element z uchwytu.



W innych układach może być konieczne odłączenie jednej końcówki.



Nic tu nie wylutowują: uchwyt umożliwia oddzielenie.

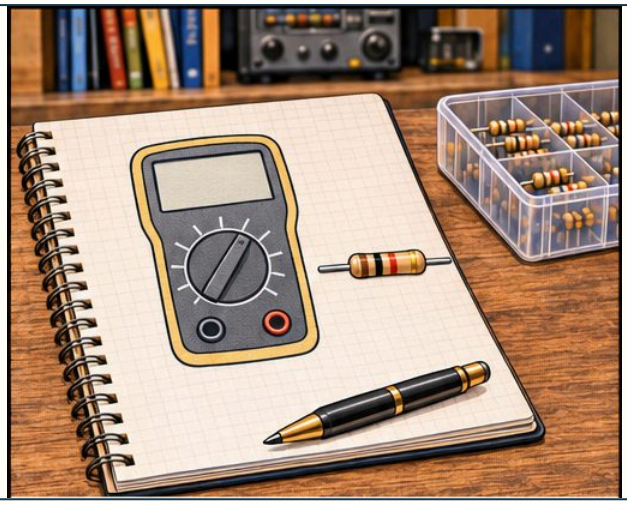


Wyjęty rezystor można teraz zmierzyć osobno.

Odczyt bez nadinterpretacji



Najpierw ćwiczą ze znanym rezystorem 1 kΩ o tolerancji ±5%.



Zeszyt pokazuje możliwy odczyt: 0,998 kΩ, czyli 998 Ω.



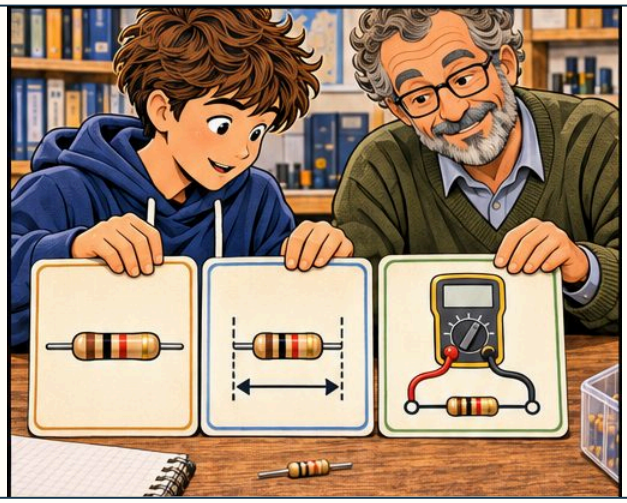
Wartość mieści się w nominalnym przedziale od 950 Ω do 1 050 Ω.



Dokładność multimetru i jakość styków ograniczają wniosek.



Brzęczyk ciągłości nie zastępuje liczbowego pomiaru rezystancji.

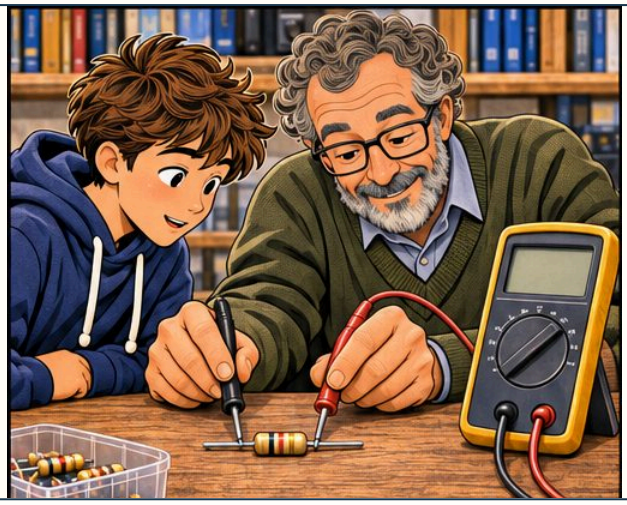


Lucas zawsze porównuje jednostkę, oczekiwany zakres i warunki pomiaru.

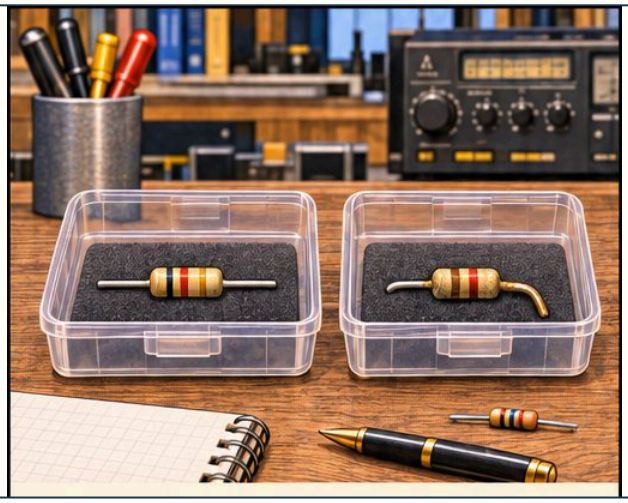
Trop, jeszcze nie werdykt



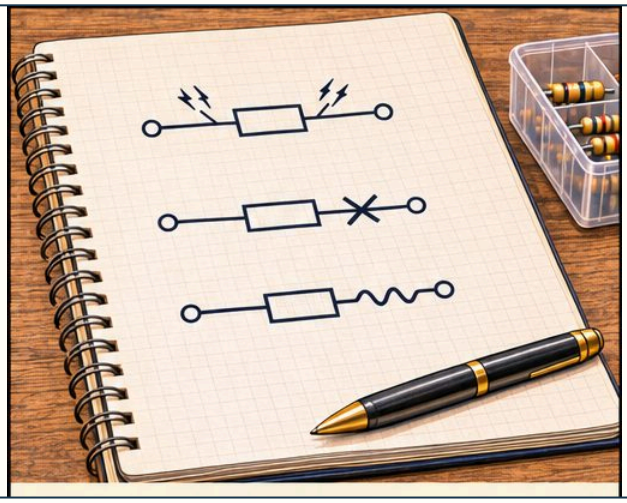
Element wyjęty z lampki ma uszkodzony styk wyprowadzenia.



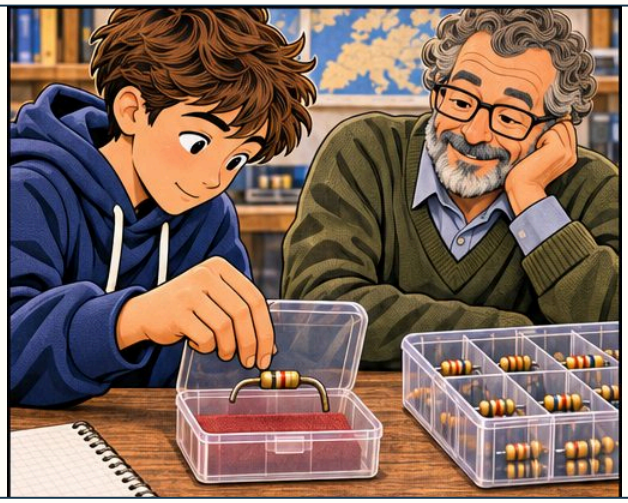
Odczyt jest niestabilny; Henri poprawia styki pomiarowe.



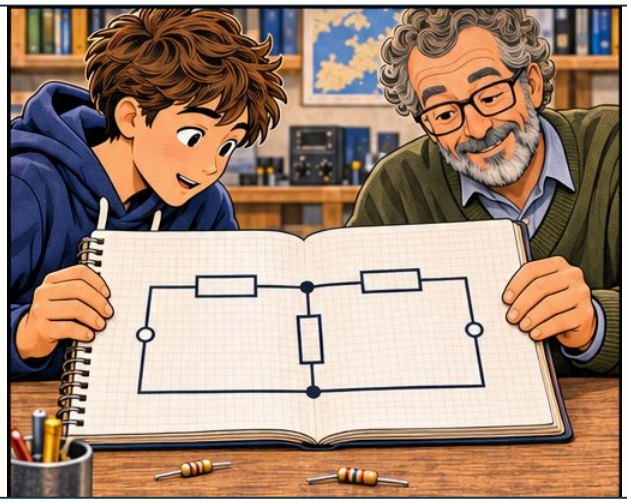
Porównują zachowanie z elementem o znanych parametrach.



Odczyt poza zakresem może wynikać z elementu, przewodów lub styku.



Odkładają podejrzaną część, nie uznając całej usterki za wyjaśnioną.



Schemat musi jeszcze pokazać współpracę rezystorów.

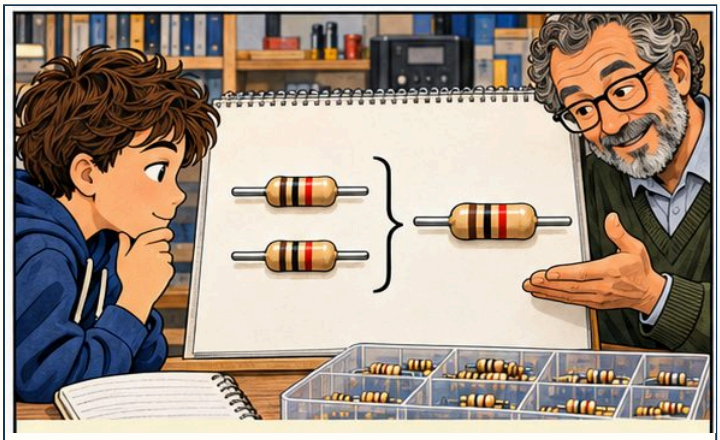
Na jednej drodze



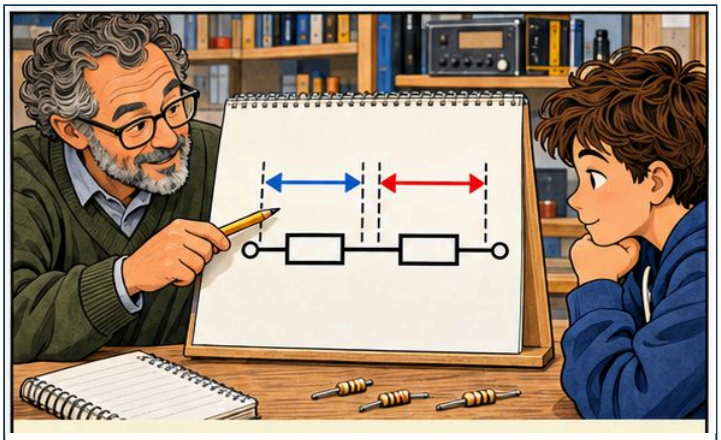
Rezystory są szeregowe, gdy płynie przez nie ten sam prąd bez odgałęzienia.



Ich rezystancja zastępcza wynosi R = R1 + R2.



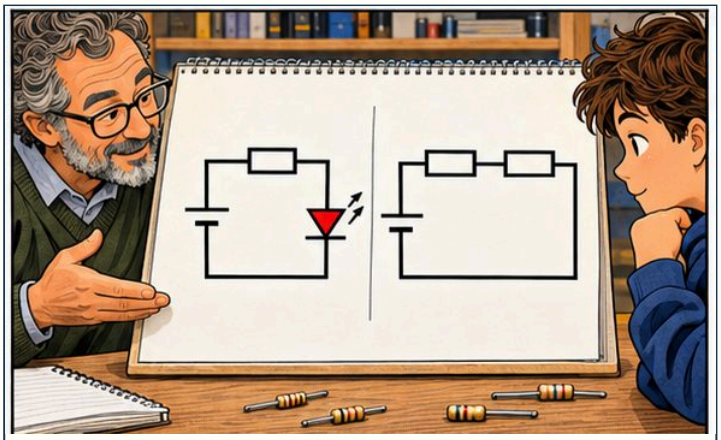
Dwa rezystory 1 kΩ szeregowo dają 2 kΩ.



Całkowite napięcie dzieli się według ich wartości.

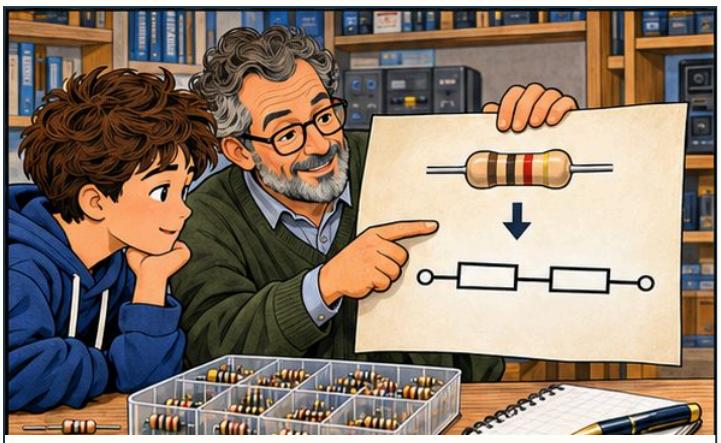


Każdy element musi wytrzymać własne napięcie i własną moc.

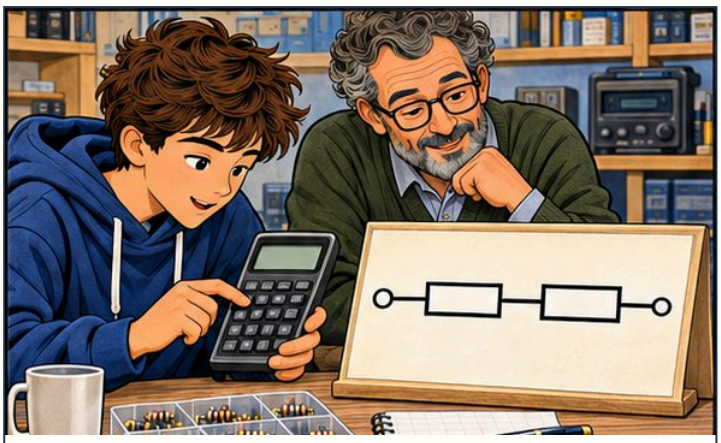


Lucas rysuje jedną drogę i odnajduje rezystor szeregowy LED.

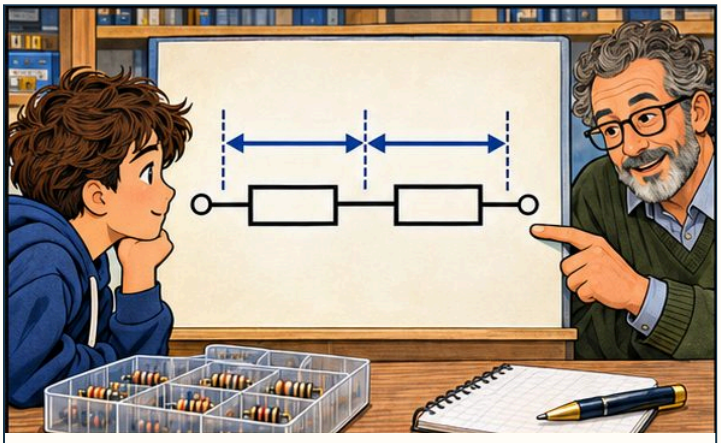
Podział w szeregu



Na papierze 5 V zasila dwa jednakowe rezystory 1 kΩ połączone szeregowo.



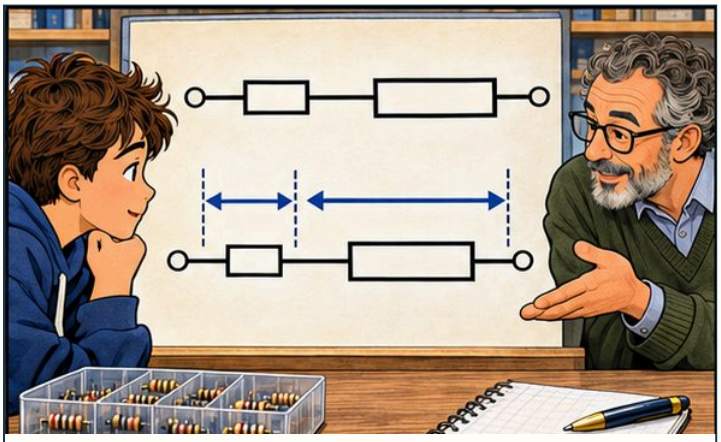
Prąd wynosi 5 / 2 000 = 0,0025 A, czyli 2,5 mA.



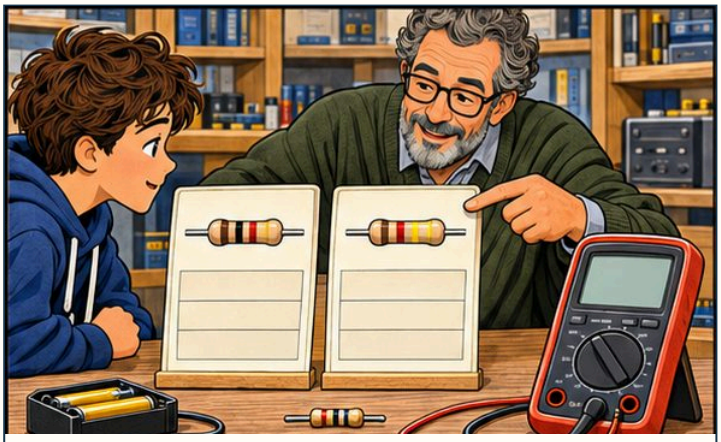
Na każdym rezystorze jest 2,5 V w tym idealnym modelu.



Każdy rozprasza 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W.

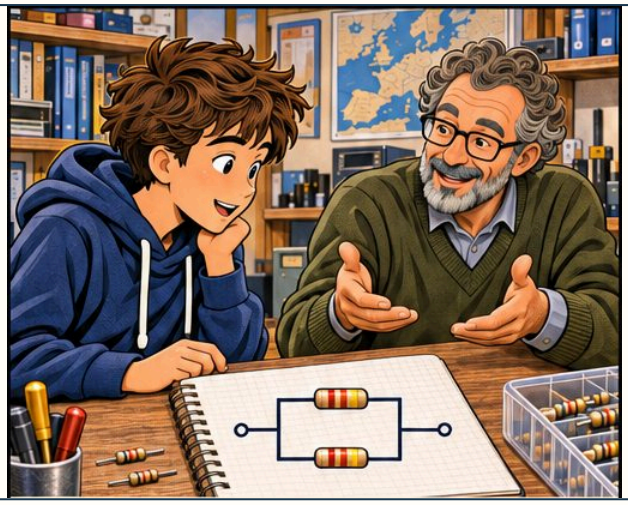


Różne wartości inaczej dzieliłyby napięcie i moc.

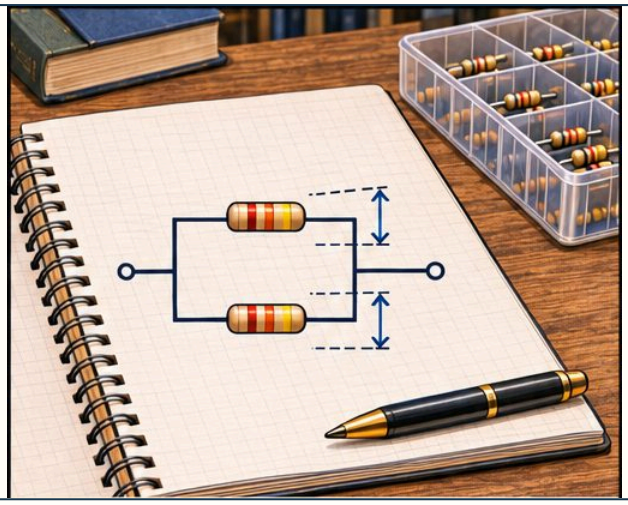


Henri podkreśla: dodanie watów obudów nie wystarcza do wyboru.

Dwie drogi między dwiema końcówkami



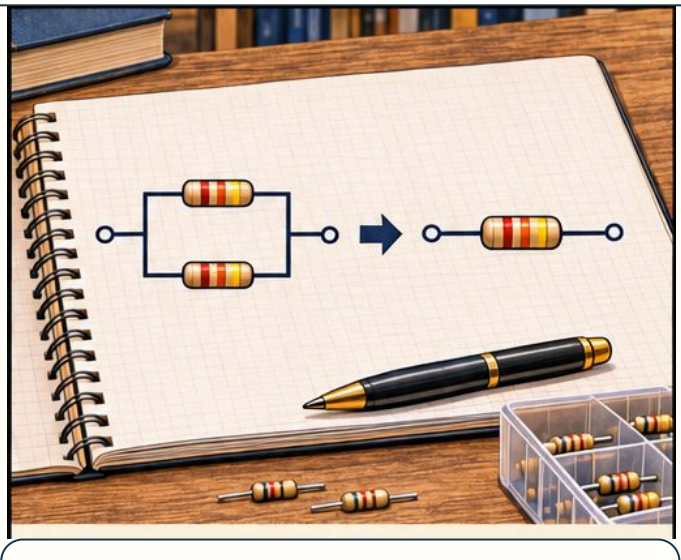
Równolegle rezystory łączą te same dwa węzły.



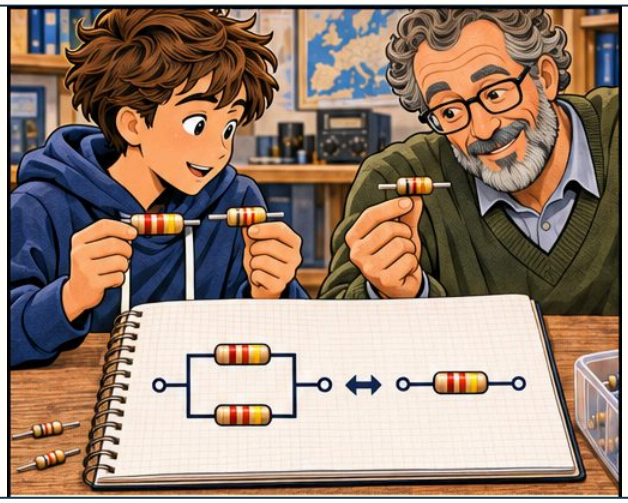
Mają więc jednakowe napięcie na końcówkach.



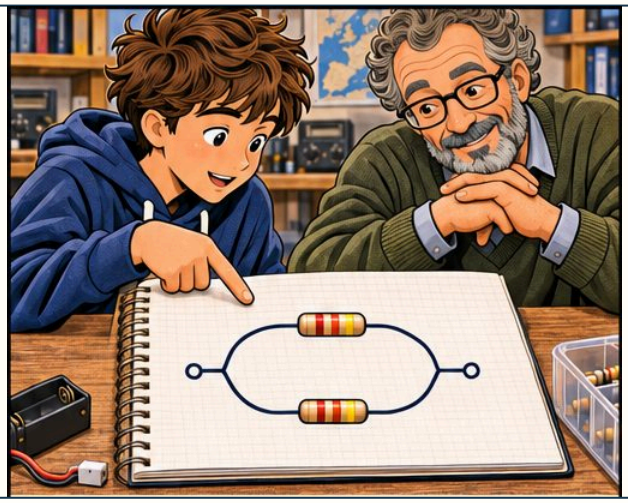
Dla dwóch gałęzi: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



Dwa rezystory 1 kΩ równolegle dają 500 Ω.

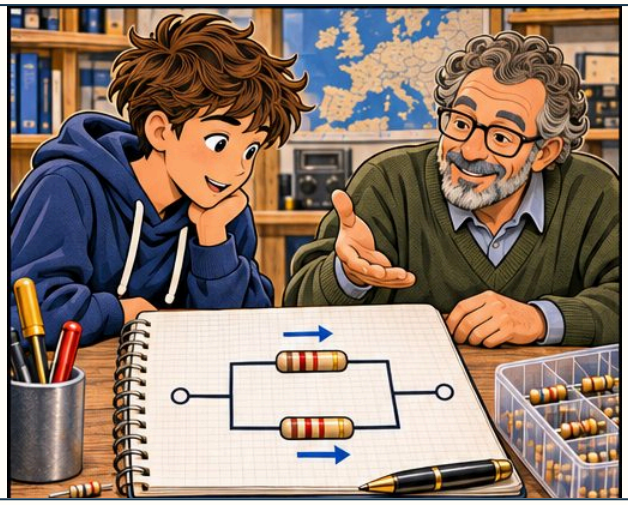


Wartość zastępcza jest mniejsza od najmniejszej dodatniej rezystancji gałęzi.

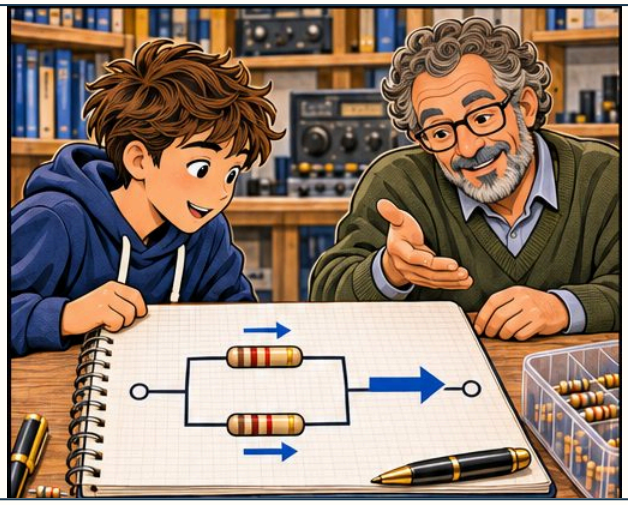


Lucas sprawdza węzły; samo położenie na rysunku nie wystarcza.

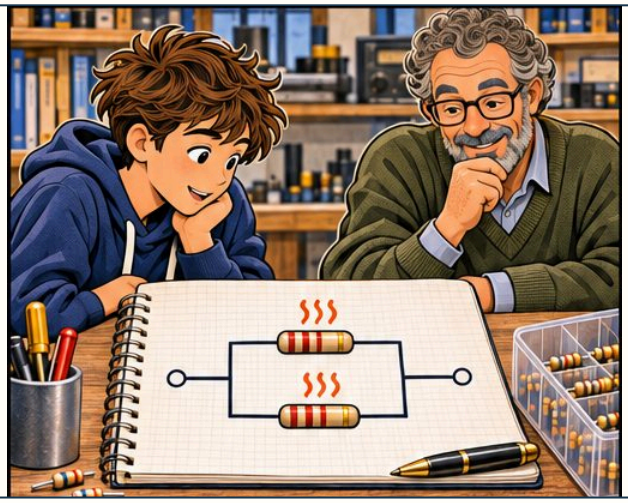
Prąd w gałęziach



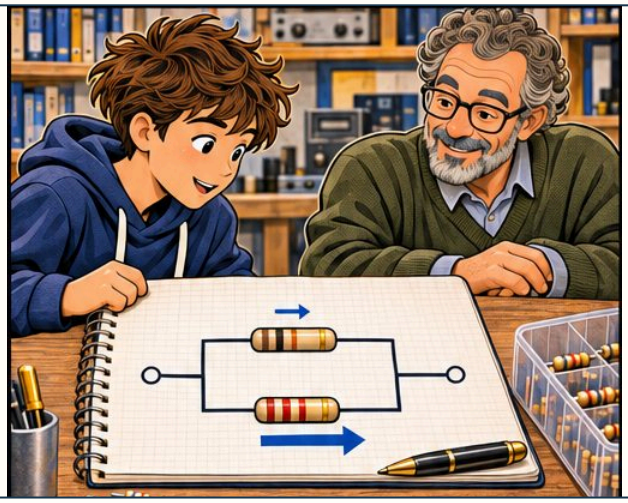
Przy 5 V na każdym rezystorze 1 kΩ każda gałąź pobiera 5 mA.



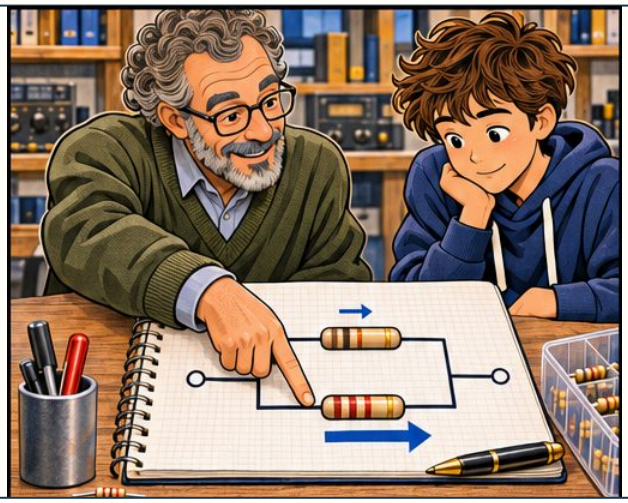
Źródło dostarcza ich sumę: 10 mA w tym idealnym przykładzie.



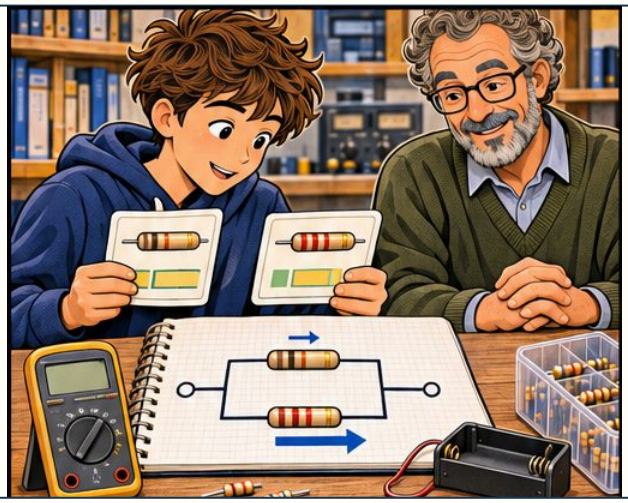
Każdy rezystor rozprasza 5^2 / 1 000 = 0,025 W.



Przy różnych wartościach prądy nie są już równe.

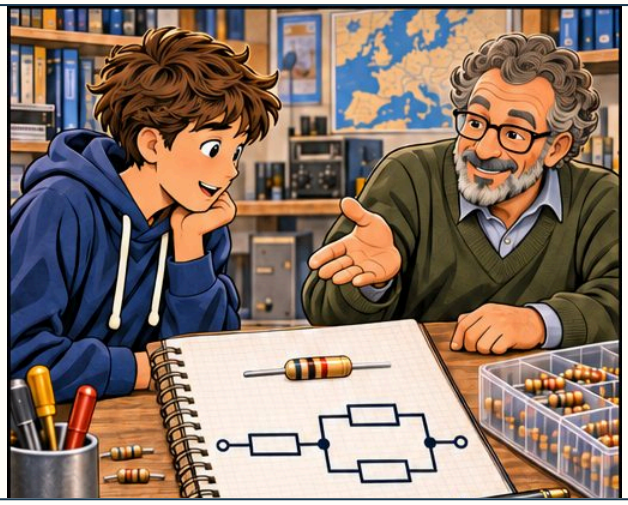


Gałąź o mniejszej rezystancji pobiera większy prąd przy tym samym napięciu.



Lucas rozumie potrzebę osobnego sprawdzenia obu rezystorów równoległych.

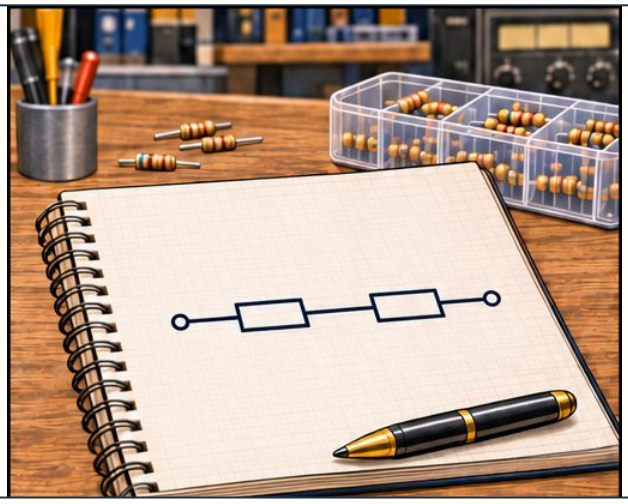
Upraszczać bez zgubienia drogi



Henri rysuje 1 kΩ szeregowo z dwoma rezystorami 1 kΩ połączonymi równolegle.



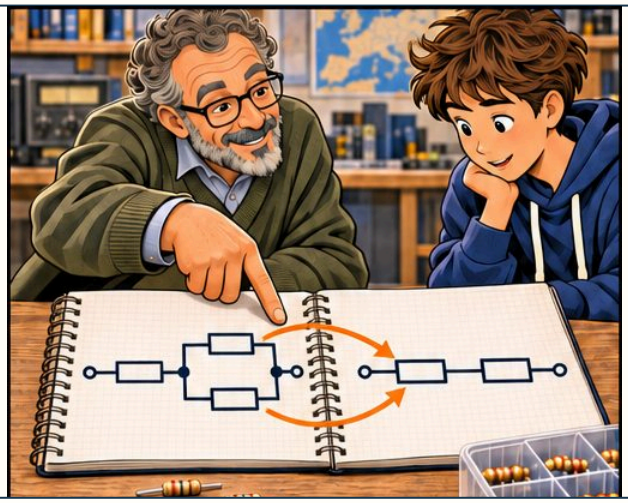
Lucas najpierw zastępuje parę równoległą wartością 500 Ω.



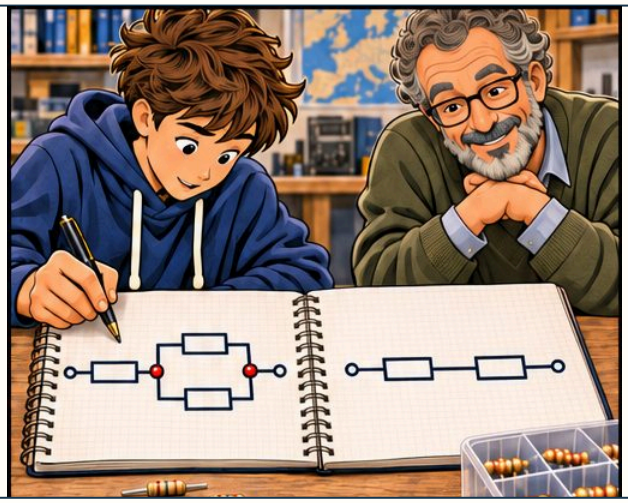
Potem dodaje rezystor szeregowy: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Zachowuje pierwotny rysunek, by odnaleźć prądy poszczególnych części.



Rezystancja zastępcza opisuje końcówki, zachowując ograniczenia wewnętrzne.



Metoda pomaga nie wybierać wzoru tylko według wyglądu schematu.

Uzyskać napięcie pośrednie



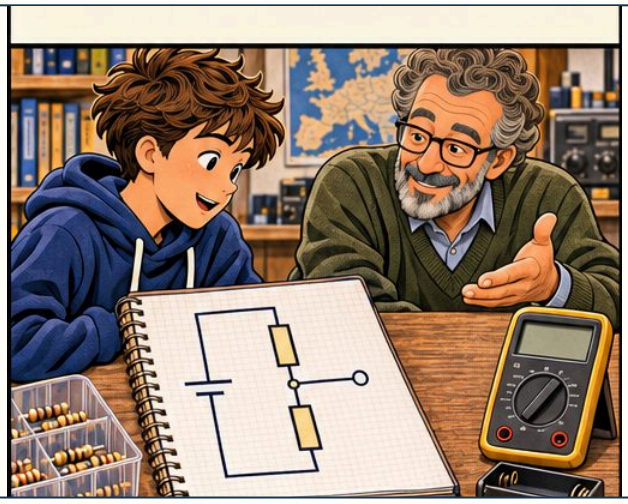
Dwa rezystory szeregowe mogą tworzyć dzielnik napięcia.



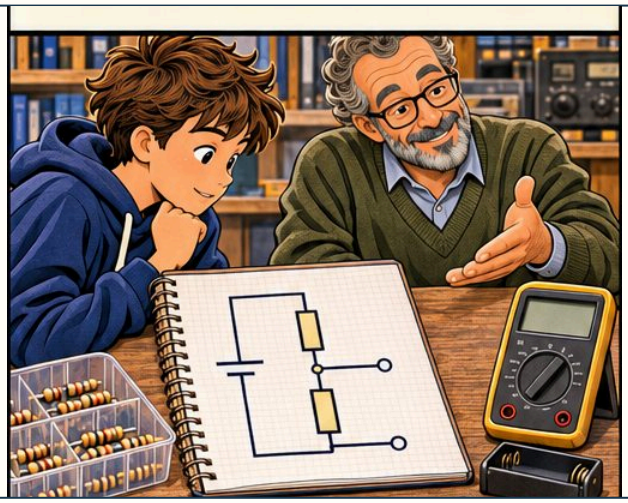
Bez obciążenia: Uwyjścia = Uwejścia × R2 / (R1 + R2).



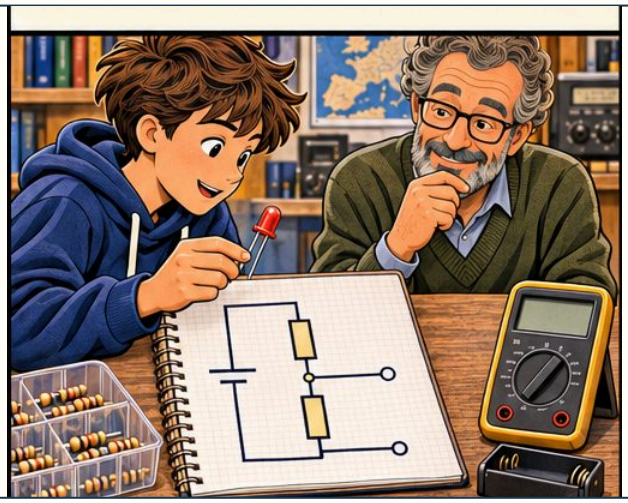
Wyjście jest na R2, od punktu środkowego do odniesienia.



Przy 5 V i dwóch rezystorach 1 kΩ wynosi idealnie 2,5 V.

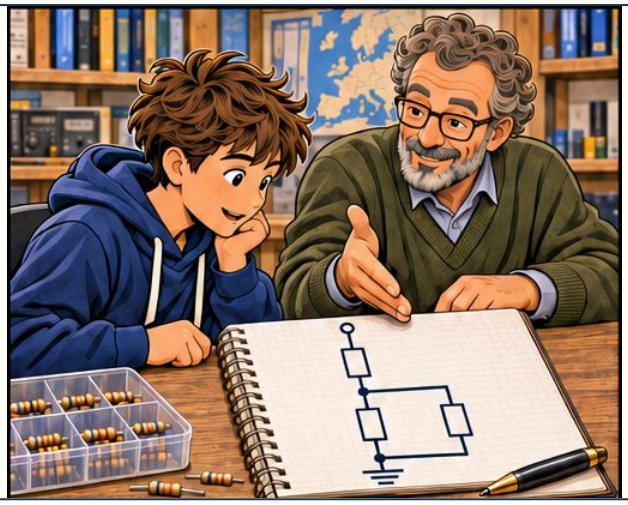


Wynik zakłada praktycznie zerowy pobór prądu z wyjścia.

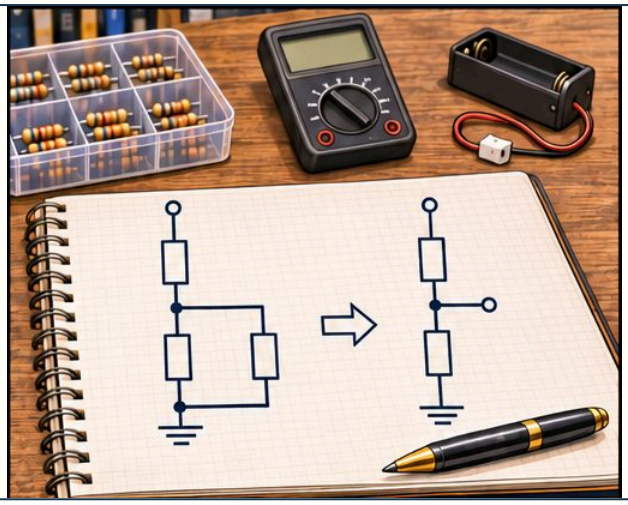


Lucas chce podłączyć LED; Henri pokazuje, co się zmieni.

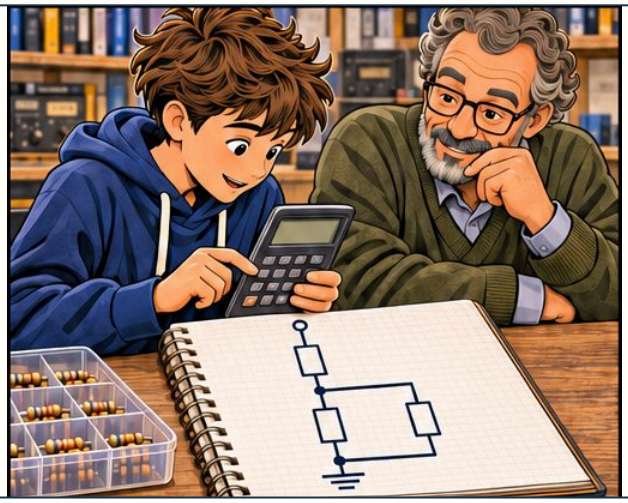
Gdy wyjście jest obciążone



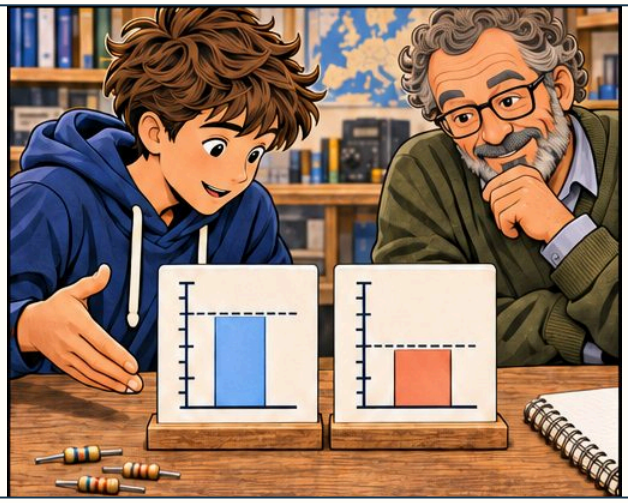
Obciążenie wyjścia jest połączone równolegle z R2.



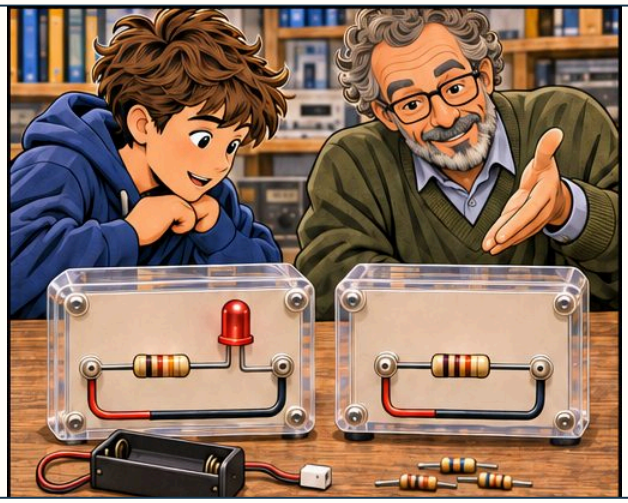
Przy obciążeniu 1 kΩ rezystor R2 o wartości 1 kΩ daje zastępczo 500 Ω.



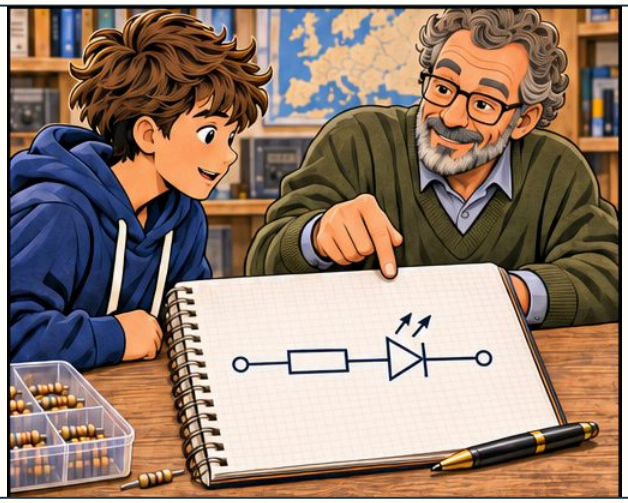
Napięcie wyjścia wynosi wtedy 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



Nie wynosi już 2,5 V: obciążenie zmieniło dzielnik.



LED nie jest obciążeniem omowym, więc obliczenie nie opisuje jej dokładnie.

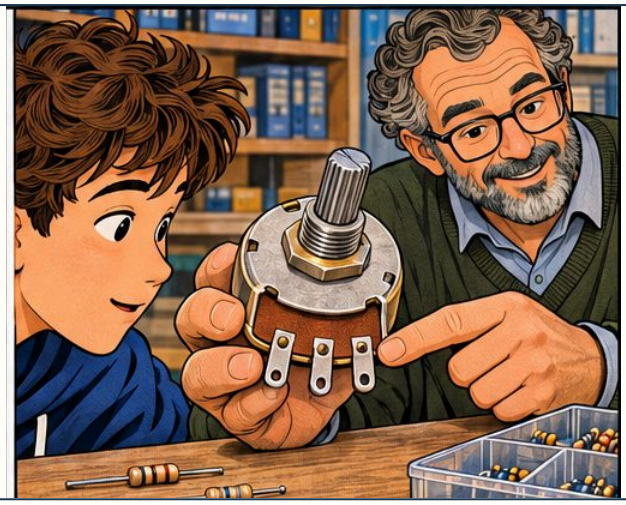


Dla lampki zachowują przewidziany układ szeregowy bez improwizowanego dzielnika.

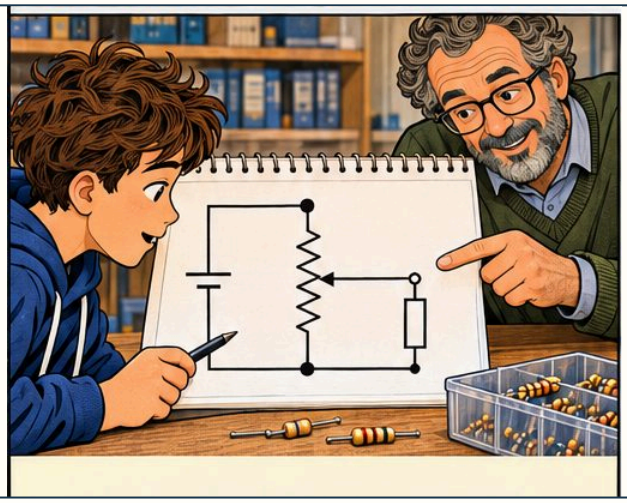
Suwak potencjometru



Potencjometr ma ścieżkę oporową i ruchomy suwak.



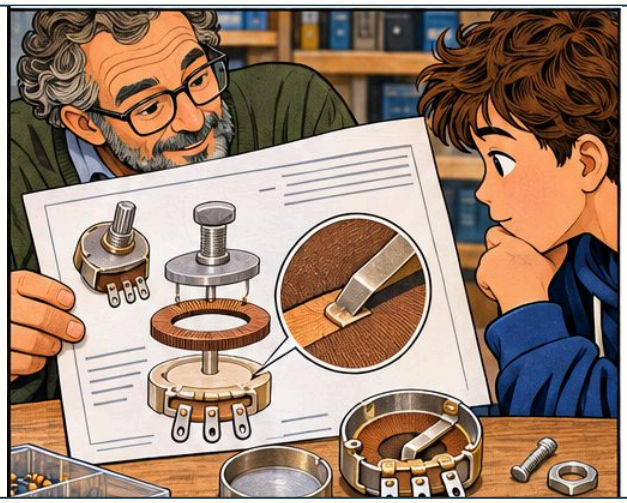
Trzy końcówki umożliwiają regulowany dzielnik.



Obciążenie wpływa także na napięcie pobierane z suwaka.



Z dwiema końcówkami może działać jako rezystor nastawny, zależnie od układu.

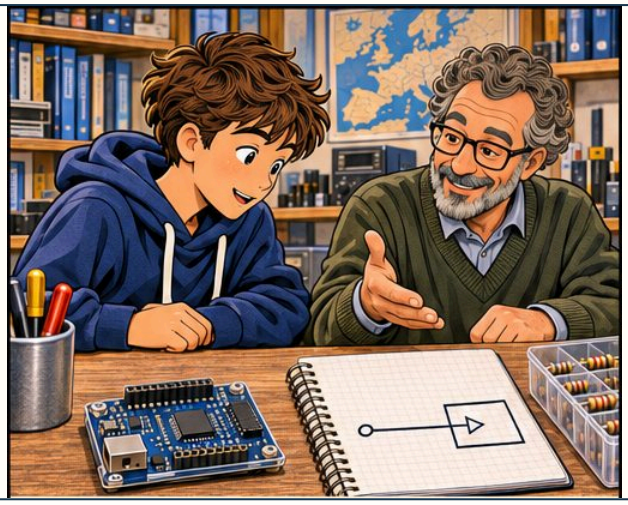


Trzeba sprawdzić moc, prąd suwaka i połączenia.

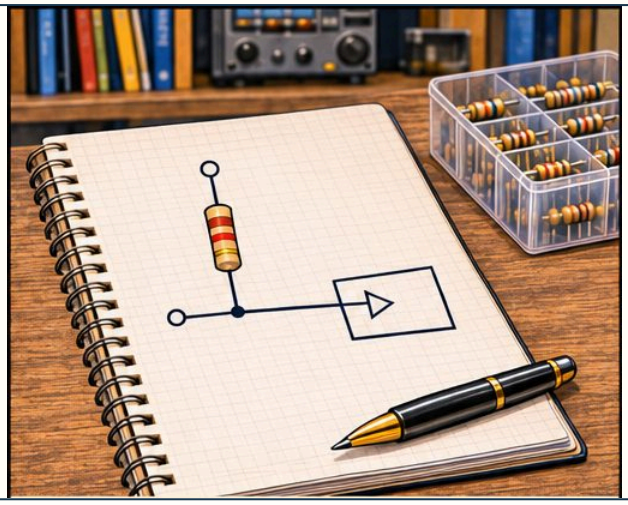


Lucas nie zgadza się usuwać stałego rezystora zabezpieczającego LED.

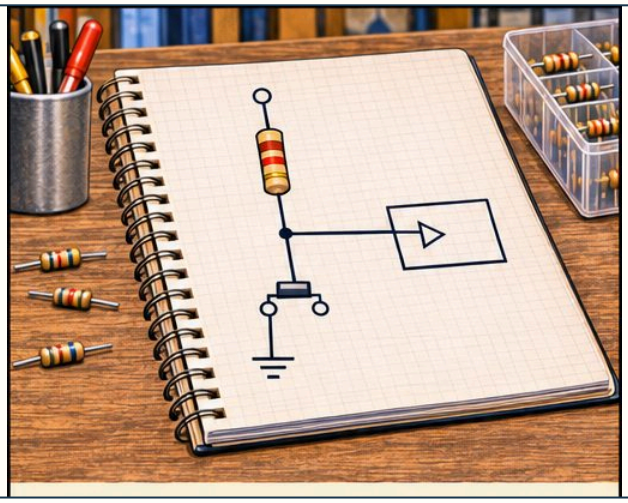
Nadać stan wejściu



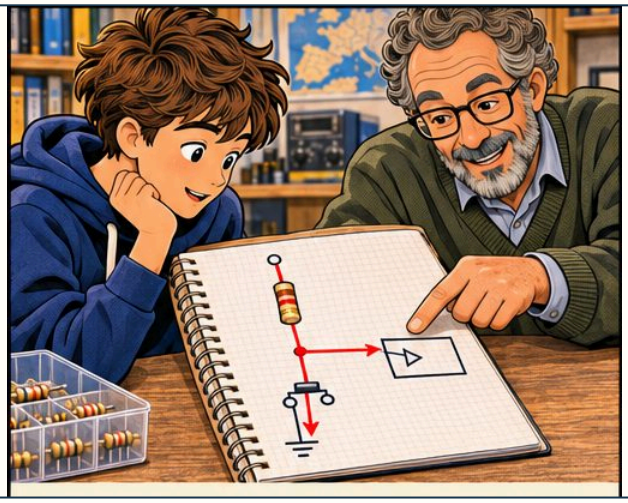
Na płytce dydaktycznej niepodłączone wejście może odczytywać niepewny stan.



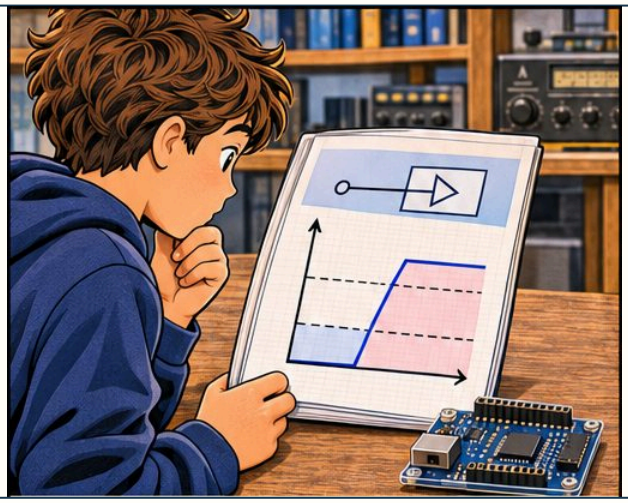
Rezystor podciągający do zasilania ustala spoczynkowy stan wysoki.



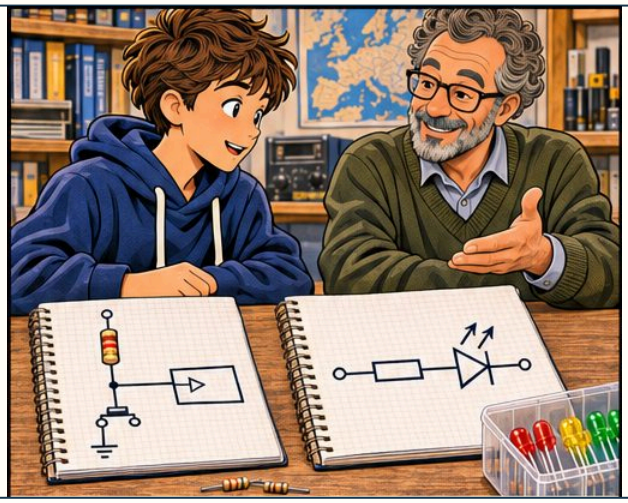
Przycisk do potencjału odniesienia po zamknięciu wymusza stan niski.



Rezystor ogranicza wtedy prąd między zasilaniem a przyciskiem.



Wartość zależy od wejścia, progów i dokumentacji.

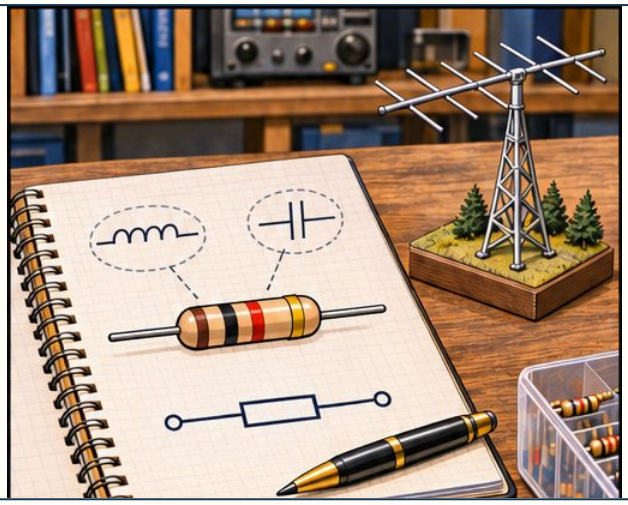


Henri pokazuje rolę na rysunku; układ lampki pozostaje prosty.

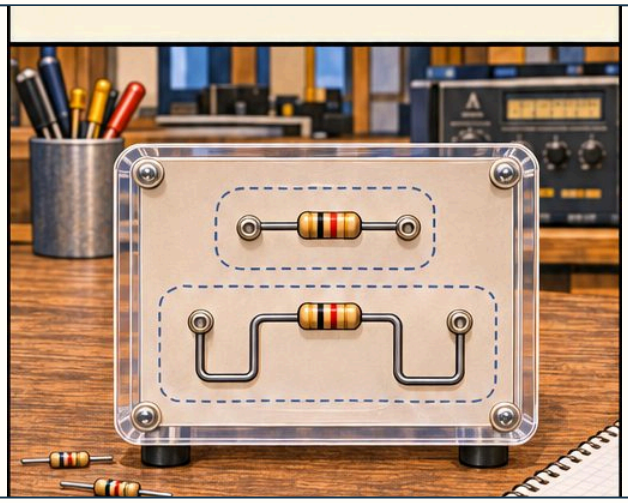
W radiu model ma granice



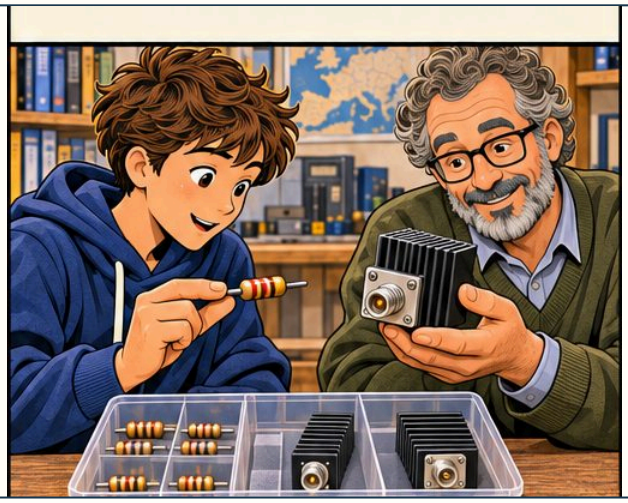
Rezystory służą też do polaryzacji, tłumienia i terminacji obwodów radiowych.



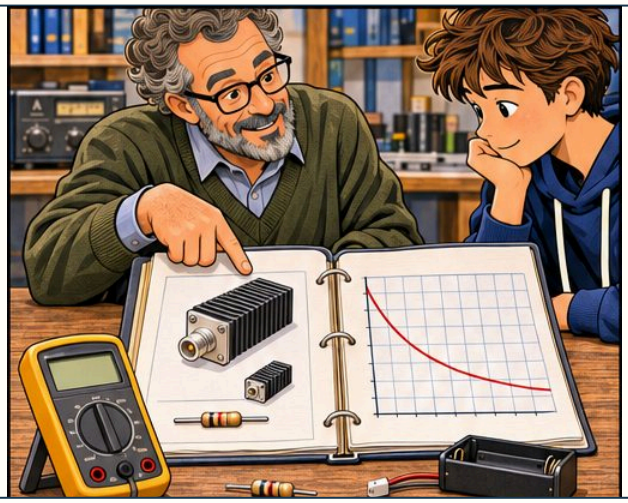
Przy wysokiej częstotliwości liczą się pasożytnicza indukcyjność i pojemność.



Połączenia i rozmieszczenie dodają własne efekty.



Dowolny rezystor 50 Ω nie musi być dobrym obciążeniem RF.



Pasmo, moc i konstrukcja muszą pasować do zastosowania.



Lucas chowa modele RF: na zajęciach nie prowadzą emisji.

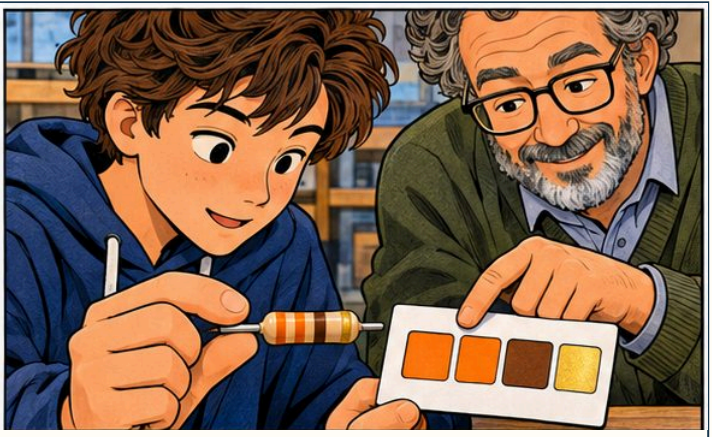
Karta zamiennika



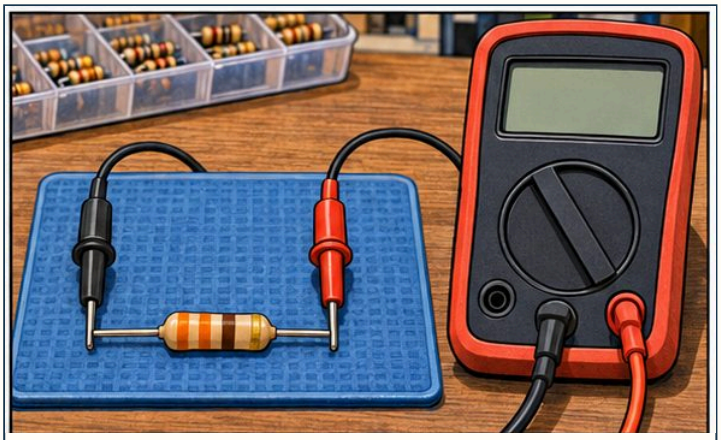
Lucas zbiera schemat, oznaczenie LED i rezystora.



Wybór pozostaje 330 Ω, ±5%, 0,25 W dla udokumentowanego przykładu.



Sprawdza z kartą kod: pomarańczowy, pomarańczowy, brązowy, złoty.



Nowy rezystor mierzą osobno, poza zasilanym obwodem.

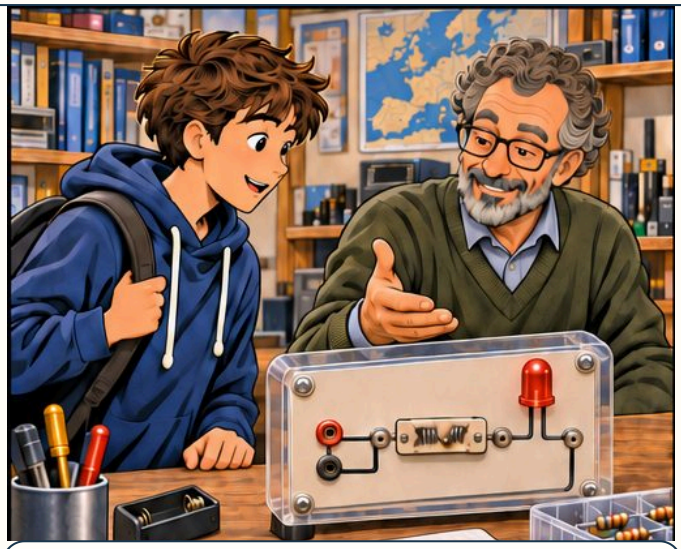


Odczyt musi uwzględniać tolerancję i niepewność multimetru.

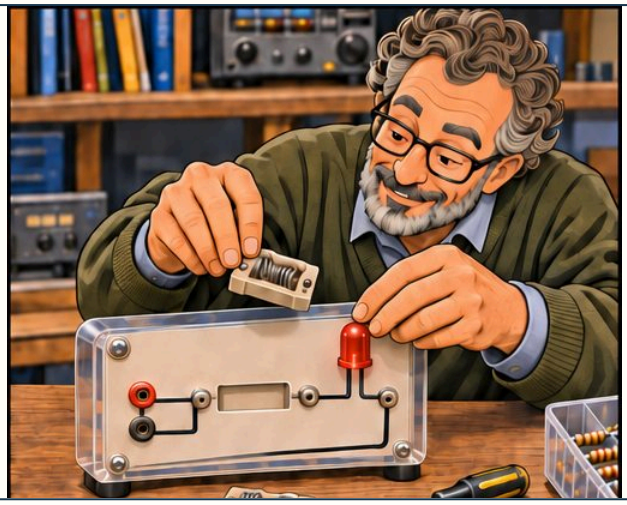


Henri sprawdza dokumentację: obliczenia i pomiar się uzupełniają.

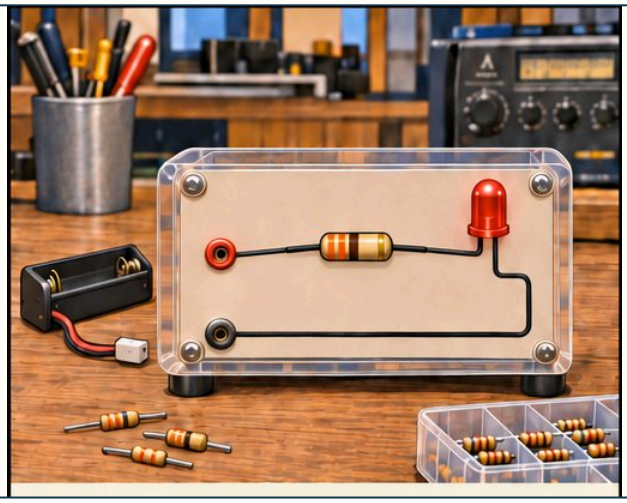
Montować metodycznie



Panel pozostaje odłączony podczas wymiany.



Henri sprawdza uszkodzony uchwyt i wymienia przewidziany element złącza.



Wkładają nowy rezystor bez siłowania i luźnych przewodów.



Lucas śledzi pętlę: zasilanie, rezystor, LED, powrót.

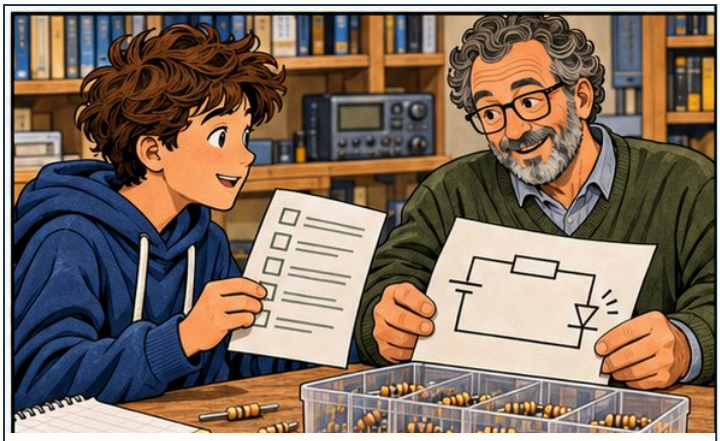


Polaryzacja LED odpowiada schematowi i dokumentacji.

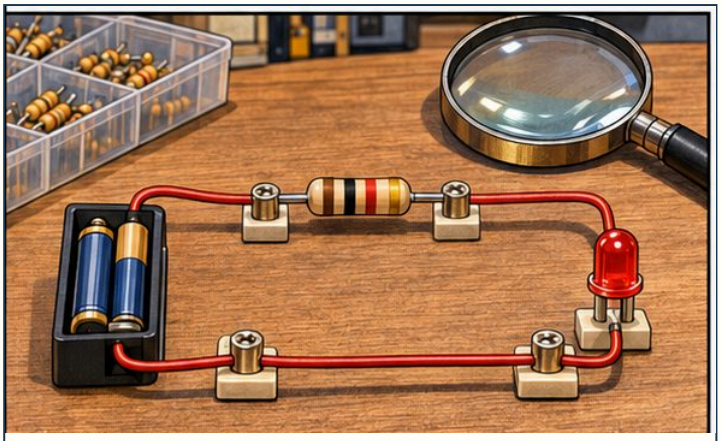


Podejrzana część pozostaje osobno z obserwacjami, bez ponownego użycia.

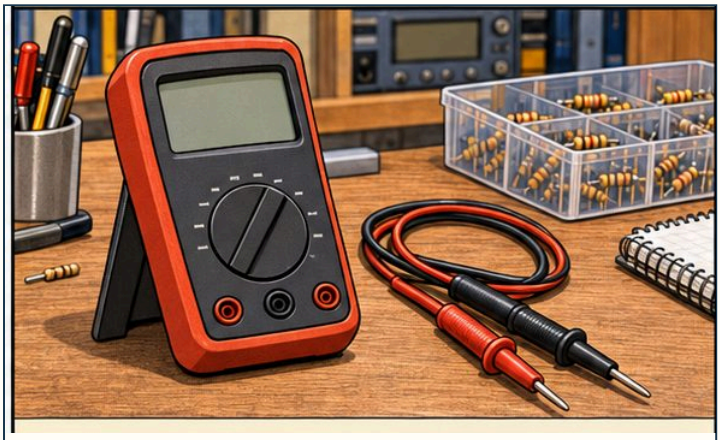
Wzajemna kontrola



Przed włączeniem każdy sprawdza pracę drugiego.



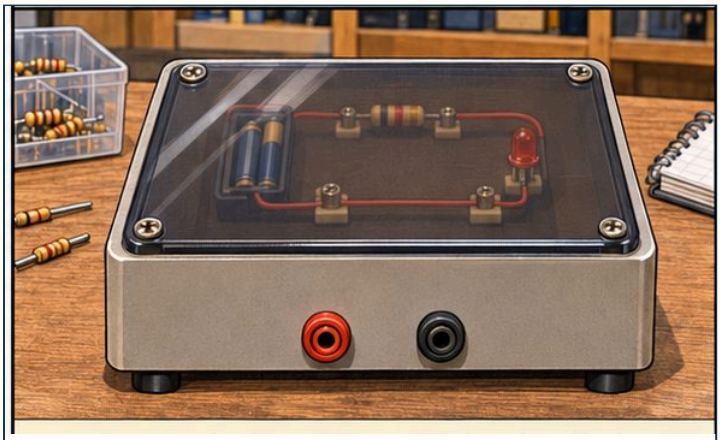
Szukają zwarcia, pominięcia lub połączenia omijającego rezystor.



Przewody omomierza są odsunięte od panelu.



Henri przygotowuje zasilacz ustawiony na 5 V z odpowiednim ograniczeniem.

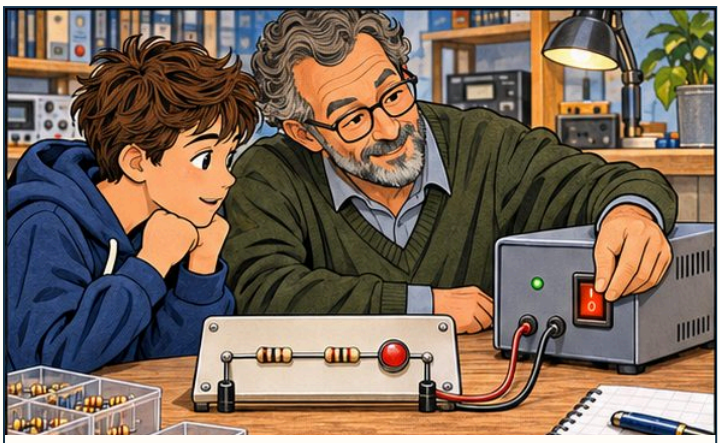


Panel zamykają według instrukcji, chroniąc połączenia.



Lucas zapowiada oczekiwany efekt: widoczną lampkę przy umiarkowanym prądzie.

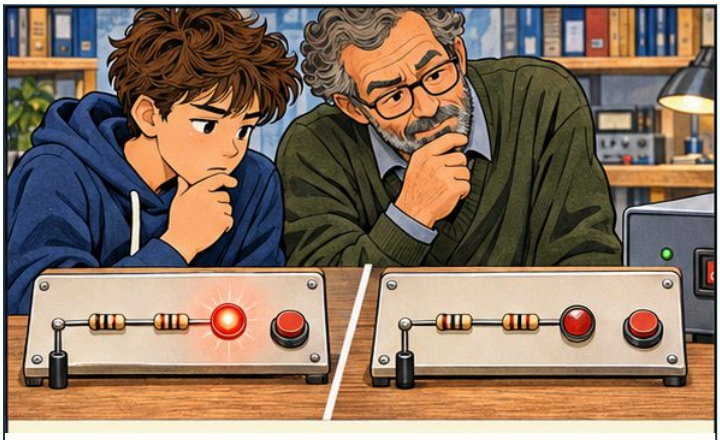
Pierwsza ostrożna próba



Henri włącza zamknięty panel; nikt nie przestawia połączeń.



Lampka świeci i gaśnie po zwolnieniu przycisku.



Przy kolejnej próbie pojawia się nieregularność działania.



Lucas proponuje zwiększyć napięcie, lecz przypomina sobie metodę.



Wyłączają i odłączają przed dalszą diagnostyką.

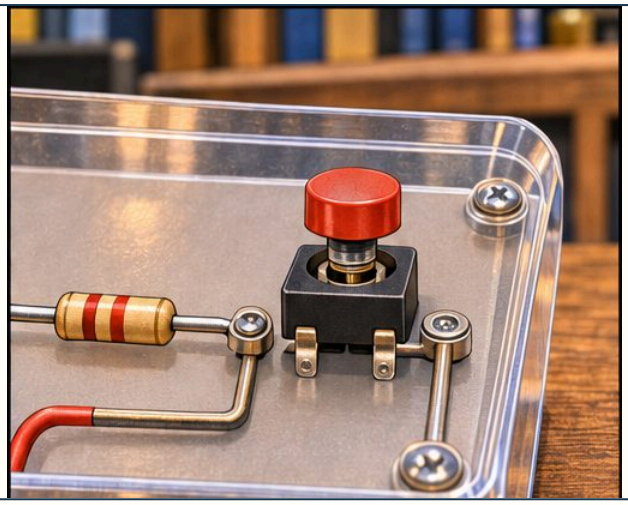


Jednorazowe zaświecenie nie dowodzi gotowości panelu.

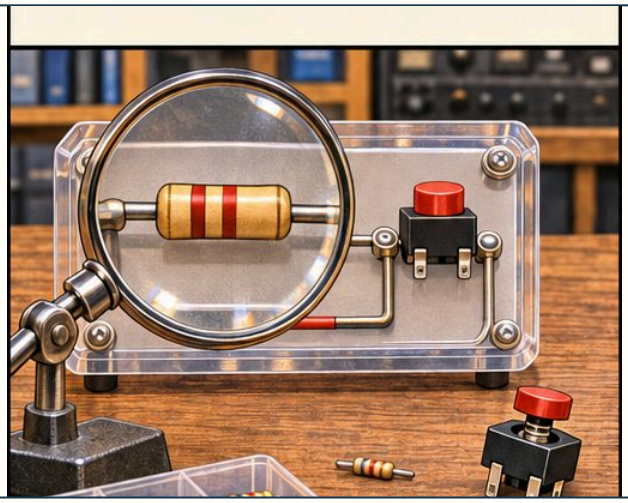
Druga przyczyna



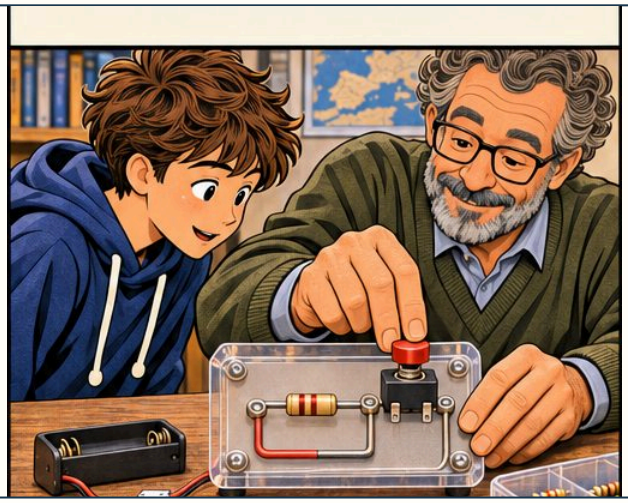
Po kontrolach bezpieczeństwa sprawdzają drogę prądu bez zasilania.



Odłączalne złącze przycisku jest niedociśnięte.



Dobry rezystor sam nie naprawi złego połączenia.



Henri osadza złącze i sprawdza jego zamocowanie.



Lucas uzupełnia kartę: podejrzany element i złe połączenie to dwa tropy.

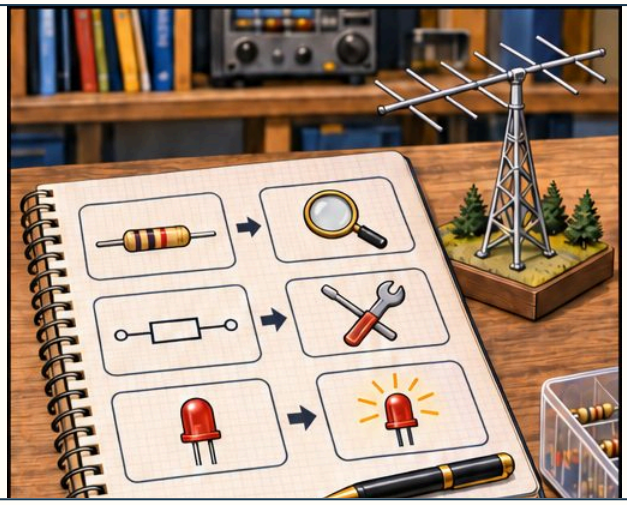


Ponawiają pełną kontrolę przed kolejną próbą.

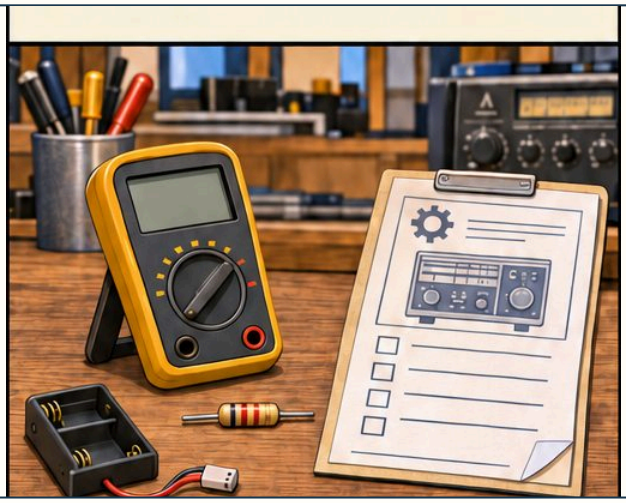
Obserwować jedną rzecz naraz



Nie zmieniają już kilku części jednocześnie.



Na każdym etapie zeszyt zachowuje objaw i wykonaną kontrolę.



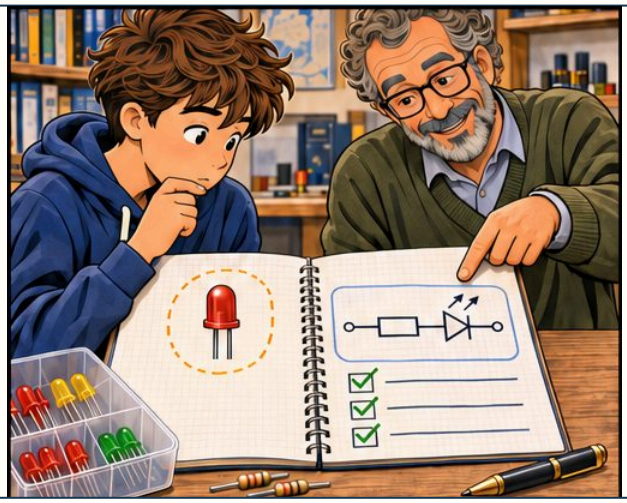
Prawidłowy odczyt omomierza nie gwarantuje każdego zachowania podczas pracy.



Oględziny, ograniczenia części i zaplanowana próba uzupełniają pomiar.

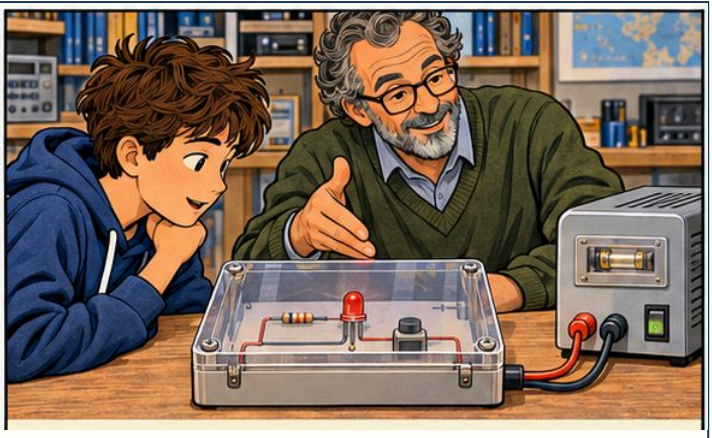


Przy nieprawidłowym objawie zatrzymują się i szukają bez zasilania.



Lucas potrafi wyjaśnić, czemu pierwsza myśl była zbyt pochopna.

Lampka spełnia zadanie



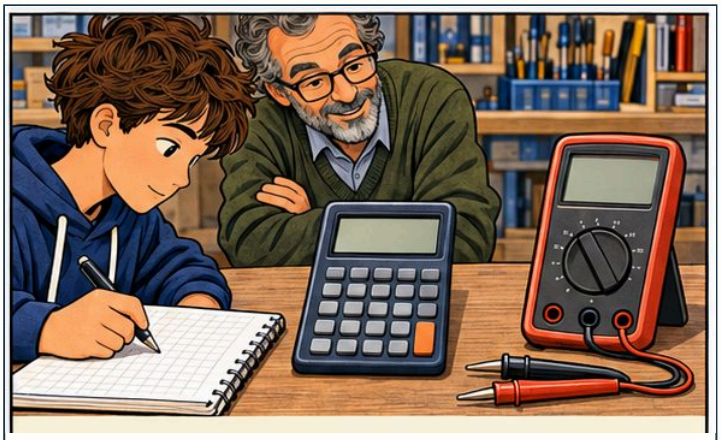
Zamknięty panel znów zasilają według procedury.



W pokazie lampka odpowiada już regularnie na przycisk.



Henri obserwuje pracę; Lucas porównuje z oczekiwanym wynikiem.



Nie przedstawiają obliczonego prądu jako wykonanego pomiaru.



Zeszyt rozróżnia obliczenia, kontrole i obserwacje próby.

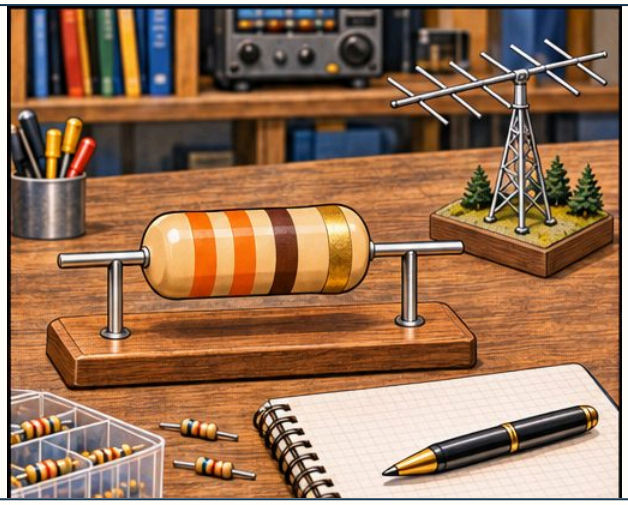


Wyłączają przed przygotowaniem transportu na stoisko.

Wyjaśnić wybór



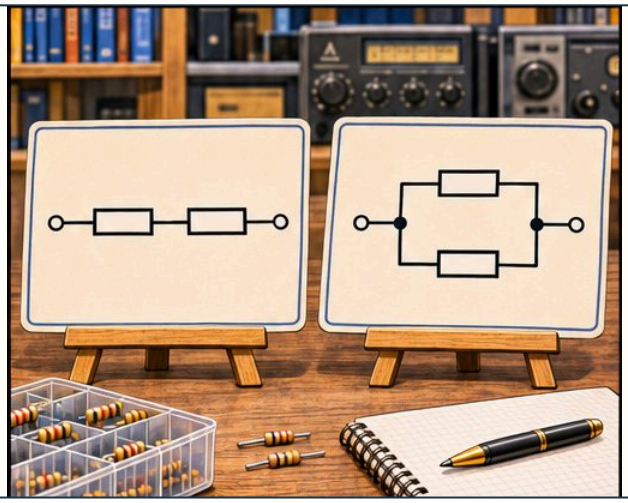
Na stoisku Lucas pokazuje gościom powiększony rezystor.



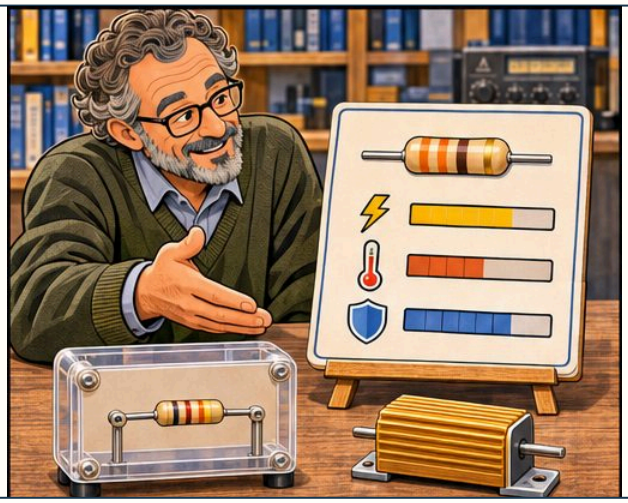
Wyjaśnia paski, wartość nominalną i tolerancję.



Rysunek pokazuje rezystor szeregowy ograniczający prąd LED.



Drugi rysunek porównuje połączenia szeregowe i równoległe.



Henri pyta, czemu sprawdził moc i warunki pracy.

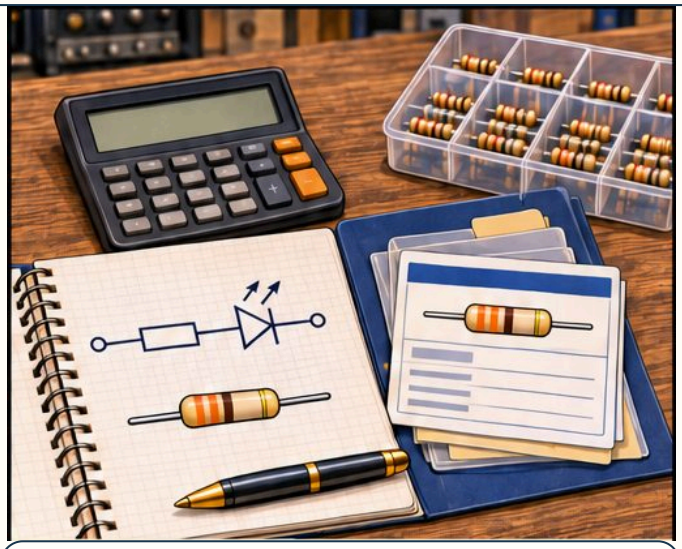


„Aby dobrać część pasującą do układu”, odpowiada Lucas.

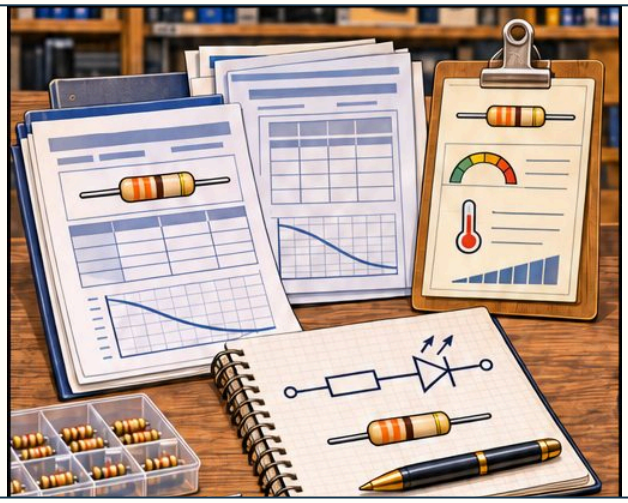
Zeszyt dla następnych



Karta zaczyna się od potrzeby: lampki panelu pokazowego.



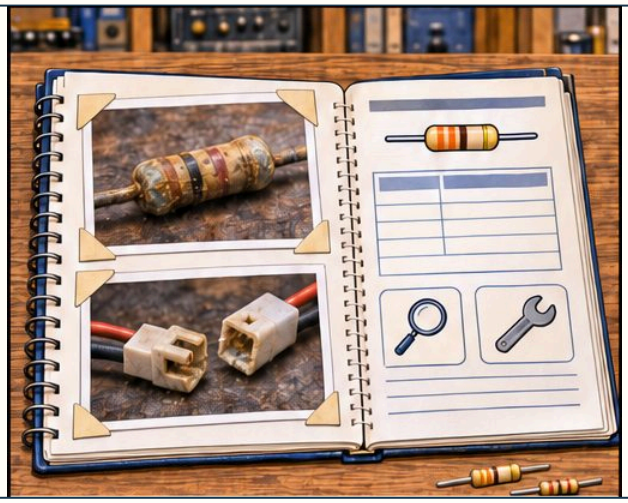
Zachowuje założenia, wzór i wybór 330 Ω.



Tolerancja, moc i oznaczenia części pozostają przy schemacie.



Procedura przypomina o pomiarze bez zasilania i z odizolowaniem w razie potrzeby.



Obserwacje usterki pomogą następnej grupie szukać metodycznie.

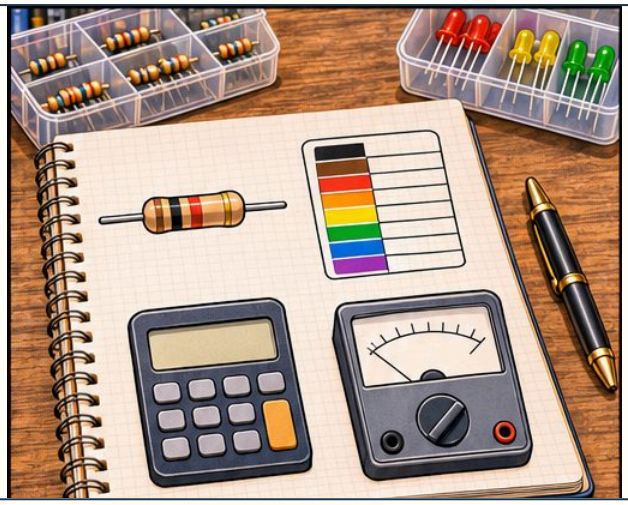


Henri pozwala Lucasowi odłożyć dokumentację: nauka stała się dzieleniem wiedzą.

Mały element, wielka metoda



Stoisko gotowe; Lucas inaczej patrzy na mały rezystor.



Odczytać, obliczyć, wybrać, zmierzyć: każdy etap odpowiada na pytanie.



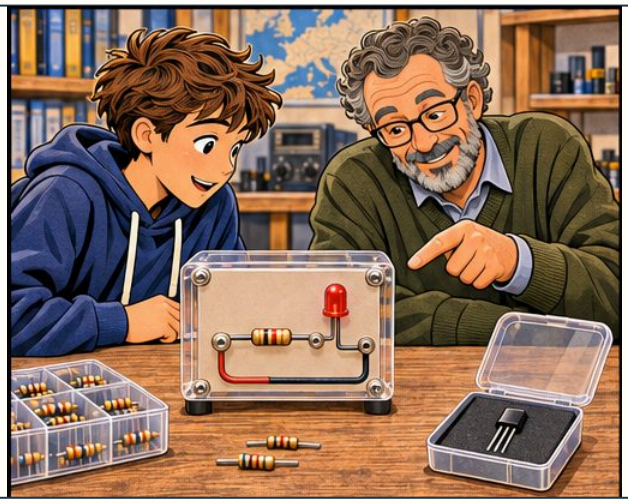
Lampka jest teraz także wyjaśnieniem, które potrafi przekazać.



W innym pudełku Henri pokazuje element z trzema wyprowadzeniami.



„Czy może sterować większym prądem?" pyta Lucas.



Następne śledztwo czeka w tomie 08: tranzystory.